



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2002116686/09, 20.12.2000

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.12.2000

(30) Конвенционный приоритет:
21.12.1999 (пп.1-40) DE 19961777.5

(43) Дата публикации заявки: 10.02.2004

(45) Опубликовано: 27.08.2006 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 5070500 A, 03.12.1991. JP 10126382
A, 15.05.1998. US 3493865 A, 03.02.1970. US
5278862 A, 11.01.1994. EP 0942538 A, 15.09.1999.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
22.07.2002

(86) Заявка РСТ:
EP 00/13033 (20.12.2000)

(87) Публикация РСТ:
WO 01/47203 (28.06.2001)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову, рег.№ 595

(72) Автор(ы):

БАННАШ Рудольф (DE),
КЕБКАЛ Константин Георгиевич (UA)

(73) Патентообладатель(и):

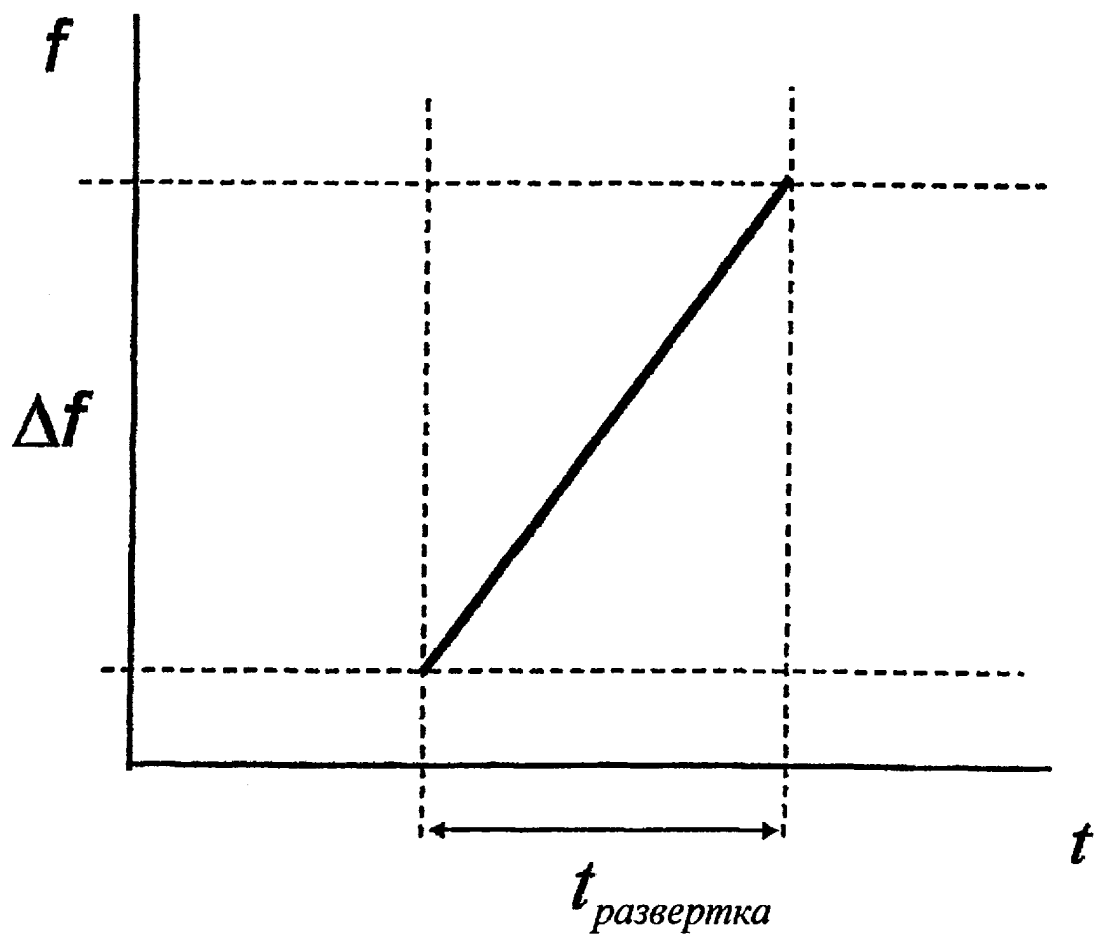
БАННАШ Рудольф (DE),
КЕБКАЛ Константин Георгиевич (UA)

(54) СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике.
Технический результат заключается в повышении
качества передачи данных и повышении
устойчивости к помехам. Сущность изобретения
заключается в том, что осуществляется передача
и/или прием информации посредством волн, в
соответствии с которыми осуществляется
наложение информационного сигнала на несущую

волну, частота которой непрерывно и плавно
изменяется на заданном интервале времени для
формирования по меньшей мере одной развертки
несущей, при этом передаваемый сигнал после
приема фильтруется в частотной области для
разделения многолучевых составляющих или
очищается от помех и затем оценивается в
отношении сигнального параметра, несущего
информацию. 4 н. и 35 з.п. ф-лы, 31 ил.



Фиг.1а



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2002116686/09, 20.12.2000

(24) Effective date for property rights: 20.12.2000

(30) Priority:
21.12.1999 (cl.1-40) DE 19961777.5

(43) Application published: 10.02.2004

(45) Date of publication: 27.08.2006 Bull. 24

(85) Commencement of national phase: 22.07.2002

(86) PCT application:
EP 00/13033 (20.12.2000)(87) PCT publication:
WO 01/47203 (28.06.2001)

Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor(s):

BANNASH Rudol'f (DE),
KEBKAL Konstantin Georgievich (UA)

(73) Proprietor(s):

BANNASH Rudol'f (DE),
KEBKAL Konstantin Georgievich (UA)

(54) METHODS AND DEVICES FOR TRANSMISSION AND RECEIPT OF INFORMATION

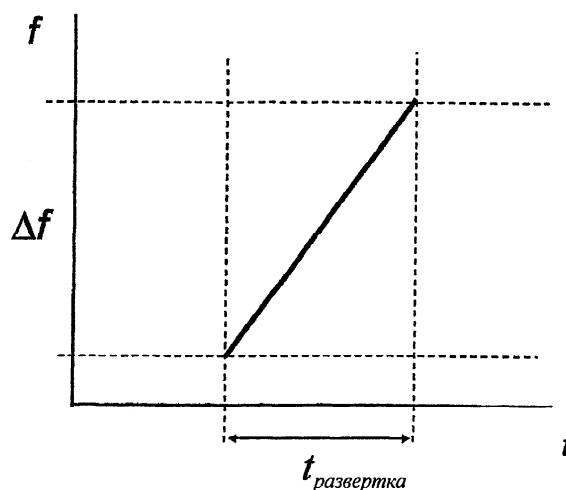
(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: in accordance to method, transmission and/or receipt of information are performed by means of waves, in accordance to which superposition of information signal over carrying wave is performed, frequency of which wave changes continuously and smoothly on given time interval for generation of at least one scanning of bearing, while signal being transmitted after receipt is filtered in frequency area for separation of multi-beam components or cleared from interference and then estimated relatively to signaling parameter, carrying information.

EFFECT: increased data transmission quality, increased resistance to interference.

4 cl, 41 dwg



Фиг.1а

Изобретение относится к способам и устройствам для передачи и/или приема информации.

Для передачи информации посредством волн используются, как правило, постоянные несущие частоты, причем качество и скорость передачи часто ограничивается влиянием помех в канале передачи. Реальные каналы передачи могут иметь сильно различающиеся свойства, могут представлять различные характеристики передачи, к которым могут относиться линейные и нелинейные искажения, постоянные и переменные по времени воздействия, а также аддитивные помехи (шум), влияния посторонних сигналов и т.п. При использовании систем со множеством несущих сигналов, а также при передаче по каналам с памятью особый круг проблем создает множественная взаимная помеха. Свойства канала передачи являются результатом различных эффектов и механизмов, которые могут взаимодействовать различным образом.

Сложную проблему представляет собой (часто нестационарное во времени) многолучевое распространение сигналов. Оно проявляется, например, при передаче через неоднородные среды в структурированном пространстве передачи и т.д., в которых передаваемый сигнал отражается от различных граничных поверхностей и/или огибает их края или рассеивается на них. В таких случаях сигнал поступает в приемник не только по прямому пути распространения, но и одновременно или со сдвигом по времени и с различной степенью ослабления и по различным другим путям (многократный прием). Помимо влияния различных длин путей распространения, некоторые пути могут вносить различные изменения в соответствующие сигнальные составляющие в виду их геометрических особенностей и/или индивидуальных физических свойств (различные степени ослабления, недетерминированные и/или детерминированные внутренние фазовые сдвиги). Эти отдельные сигнальные составляющие называют многолучевыми составляющими (эхо-сигналами). Каждая из многолучевых составляющих приносит свое собственное содержимое в приемник, где многолучевые составляющие суммируются. Суммирование многолучевых составляющих в приемнике может приводить к слабо предсказуемым временным и пространственным искажениям, колебаниям амплитуды и фазовым сдвигам (пропадание и замирание сигнала), а в неблагоприятных случаях может происходить полная компенсация сигнала. Этот эффект действует особенно неблагоприятно в нестабильных условиях передачи, а также при использовании мобильных приемопередающих систем. Пропадание сигнала часто является избирательным по частоте и во времени, и передаточную функцию канала часто невозможно определить детерминированным образом.

В технике связи известны различные способы, с помощью которых пытаются минимизировать и/или компенсировать вышеупомянутые помехи при приеме. Из большого разнообразия таких мер можно выделить три главные категории: антенные системы, преобразование сигнала на стороне приема с помощью корректоров, а также специальные способы модуляции сигнала.

В той мере, в которой это позволяют условия передачи или настройки системы, проблема многолучевого распространения может быть снижена за счет направленного излучения и/или избирательной по углу приемной антенны. При направленном излучении пытаются формировать, по возможности, только лишь один определенный, обычно прямой путь передачи сигнала, в котором затем концентрируется энергия излучения. При избирательном по углу приеме пытаются режектировать нежелательные многолучевые составляющие принимаемого сигнала, либо путем особого включения множества приемных элементов обеспечить наложение этих составляющих для их взаимной компенсации (другими словами, энергия соответствующих сигнальных составляющих уничтожается), так что по возможности остается только лишь одна многолучевая составляющая полезного сигнала. Эта сигнальная составляющая соответственно усиливается. Посредством приема сигнала одновременно в нескольких точках пространства можно реализовать антенное усиление. Преимущества и ограничения формирования луча при приеме могут быть продемонстрированы на примере акустической передачи данных под водой. На малом

расстоянии может достигаться явное улучшение качества приема. Для этого приемник оснащается решеткой приемных элементов, которые с помощью элементов задержки позволяют реализовать ограничение и ориентацию угла приема и тем самым до определенной степени реализовать фокусировку системы для приема определенной

5 многолучевой составляющей [см., например, Hinton, O.R. et al.: Performance of a stochastic gradient adaptive beamformer for sub-sea acoustic communication. Signal processing VII: Theories and applications M.Holt, C.Cowan, P.Grant, W.Sandham (eds.), European Association for Signal Processing, 1994: pp. 1540-1543]. На основе угловых соотношений система работает, однако, только при условии достаточного по величине отношения глубины к дальности действия, т.е., как правило, на небольших расстояниях и предполагает достаточно стабильные свойства канала передачи. Для многих приложений (мобильная связь и т.д.) направленные (зависящие от угла) приемные и передающие системы едва ли практически реализуемы ввиду их размеров и веса, а также не являются целесообразными с точки зрения применения их основного принципа. Здесь
10 направленность часто представляет собой даже ограничение в применении. Наоборот, стремятся к обеспечению всенаправленности действия передатчика и/или приемника. Компактные антенны должны более или менее ограничиваться одной точкой пространства.

Следующая возможность борьбы с помехами при передаче состоит в подготовке принимаемого сигнала к обработке в приемнике. В принципе, развитие направлено на
20 разработку все более сложных процедур обработки сигнала с использованием дорогостоящих корректоров, фазоследящих цепей и других сложных алгоритмов коррекции, которые благодаря технике цифровых процессоров сигналов реализуются все более эффективно. Проблему многолучевого распространения пытаются решить в особенности путем адаптивной коррекции времени распространения сигналов. Для коррекции эхо-
25 сигналов применяются, например, трансверсальные фильтры, в которых свойства передающего канала оцениваются с помощью корреляционного анализа известных элементов сигнала. Кроме того, обычно на основе передачи тестовой последовательности формируется комплексно-сопряженный сигнал, который в качестве инверсной передаточной функции канала используется для свертки с последующими сигнальными

30 последовательностями, модулированными информацией для подавления помех. В адаптивных системах корректор регулируется для компенсации времени распространения (коррекция с упреждением - KU). Все эти способы работают во временной области. Как следствие, адаптивная коррекция для каналов передачи данных с изменяющимися во времени отклонениями частоты практически невозможна. [Meineke; Gundlach: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York..., 7. Aufl., 1992: H 21].
35

Уже давно делались попытки решить эту проблему посредством различных комбинаций КУ, корректоров с адаптивной решающей обратной связью (КАРОС) и/или фазоследящих цепей (ФСЦ) высоких порядков. Несмотря на значительные задачи на конструктивное выполнение и на обработку сигнала, результаты остаются все еще

40 неудовлетворительными. Адаптивные настройки корректоров не удаются или не обладают достаточным быстродействием и/или достаточной точностью, из-за чего потери в отношении сигнал/шум при осуществлении коррекции являются неизбежными.

Другой известный способ улучшения результатов передачи в зашумленных средах, а также вследствие многолучевого распространения и при многопользовательском доступе и
45 т.п. в условиях межсимвольных взаимных помех состоит в применении многократной модуляции. В этом отношении особенно значимыми являются способы расширения спектра сигнала, при которых модулированный сигнал "растягивается" в широкой полосе частот. При этом понятие "расширение спектра" относится не к передаваемой информации, а к структуре несущей. Благодаря широкой полосе передаваемого сигнала каналы
50 передачи в широкополосной системе могут использоваться даже при относительно низком отношении сигнала к помехе. Существенными свойствами системы являются способ распределения энергии сигнала по широкому спектру, способ передачи расширенного по спектру сигнала, а также обратного преобразования распределенного спектра сигнала к

исходной ширине полосы информационного сигнала. В зависимости от применения используют три основных способа модуляции: способ прямой модуляции последовательностью (ПМП), также называемый "псевдошумовым (ПШ) способом", способ модуляции скачкообразного изменения частоты (СИЧ) и способ частотной модуляции (ЧМ).

5 Известными преимуществами способов расширения спектра являются возможность избирательной адресации, многопользовательский доступ посредством кодового мультиплексирования, маскирование передачи данных, повышенная помехоустойчивость, низкая спектральная плотность мощности сигнала для защиты от прослушивания или перехвата пригодного для применения в способах измерения дальностей с высоким разрешением и т.п. К недостаткам относятся повышенные системные требования, в том числе сложность синхронизации приемного и передающего устройств. Искажения сигнала по причине многолучевого распространения могут быть существенно уменьшены, однако все еще заключают в себе ряд проблем.

10 В предложенном контексте особый интерес представляют способы частотной модуляции или ЧМ. Они находят главное применение в технике радиолокации или акустической локации, а также в технике связи. Особенностью является применение импульсных радиочастотных (РЧ) сигналов, несущие частоты которых непрерывно изменяются или вобулируют в определенной полосе частот в течение определенной длительности импульса.

20 ЧМ-сигналы обеспечивают благоприятное распределение энергии в полосе частот, что делает их устойчивыми к помехам, обеспечивает более эффективное распознавание и улучшение отношения сигнал/шум. Однако преимущество этого способа состоит в возможности значительного снижения мощности передачи.

25 Передаваемый сигнал может формироваться различными путями, например посредством генератора, управляемого изменяющимся по линейному закону входным напряжением. В способе ЧМ используются в основном линейно частотно-модулированные импульсы. Один из способов, предназначенных для линеаризации систем с вобуляцией частоты, а также значение ЛЧМ-сигналов, в особенности для радиолокации, описаны, например, в патенте DE 19527325 A1. Интересным является тот факт, что в радиолокации 30 в такие сигналы вносится специальный "маркер" для улучшения анализа сигнала.

При передаче сообщений (посредством звуковых, оптических или радиосигналов) применяются, однако, в основном некодированные частотно-модулированные сигналы, которые могут легко вырабатываться посредством фильтров - генерации ЧМ-сигналов или дисперсионных линий задержки. В качестве дисперсионного фильтра используются, как 35 правило, составляющие на поверхностных акустических волнах (ПАВ). При этом, однако, конфигурация частотно-модулированных сигналов задается конструктивными средствами.

При цифровой передаче сообщений посредством частотно-модулированных сигналов речь идет в основном о различении двух противоположных состояний типа "включено"/"выключено", где состояние "включено" пересылается в виде ЧМ-импульса.

40 В патенте США A-5748670 описан способ, который дополнительно позволяет различать состояния ЛЧМ-сигнала с положительной и отрицательной крутизной закона частотной модуляции. Для повышения плотности информации можно варьировать также амплитуду и/или фазу ЧМ. Это не меняет, однако, ничего в принципе, поскольку сама по себе ЧМ предполагает ограниченные возможности изменения структуры несущей, что является 45 большим недостатком, например, в многопользовательских системах для осуществления многопользовательского доступа к каналу.

Известно, что каждый из упомянутых способов расширения спектра имеет свои конкретные достоинства и недостатки. Однако имеется возможность их комбинирования различными способами. Посредством гибридных способов обеспечивается создание новых 50 систем с улучшенными (по сравнению с отдельными способами) свойствами, причем стоимость системы необязательно удваивается. Наиболее известными гибридными системами являются: СИЧ/СИЧ с ПМП или СИЧ/ПШ, скачкообразное изменение во времени по частоте (СИБЧ), скачкообразное изменение по времени (СИБ)/СИЧ; СИБ/ПМП,

ЛЧМ/СИЧ, ЛЧМ/ПШ/ФМ (фазовая манипуляция). При этом системы ЛЧМ/ПШ/ФМ имеют большее разнообразие форм сигнала, за счет ПШ модуляции, а за счет ЛЧМ - незначительное ухудшение при смещениях центральной частоты из-за доплеровских или других отклонений частоты между приемником и передатчиком.

- 5 Для полноты изложения необходимо также отметить, что в технике мобильной связи проводятся эксперименты со способами, в которых перед информационными сигналами, модулированными обычным образом, пересылается преамбула, состоящая из последовательности частотно-модулированных сигналов для облегчения синхронизации приемника и передатчика с помощью такого "заголовка". И наоборот, существуют также
- 10 способы, у которых узкополосный заголовок с постоянной несущей частотой комбинируется с ЛЧМ-последовательностями (временное упорядочивание ЛЧМ-последовательностей и других форм сигналов).

- Вышеупомянутые способы модуляции относятся в основном к импульсным сигналам и попадают в категорию некогерентных способов передачи, которые являются особенно
- 15 устойчивыми к помехам, однако позволяют осуществить передачу данных только со сравнительно низкими скоростями. Для того чтобы соответствовать растущим потребностям, в скоростях передачи данных и в многопользовательских режимах должны приниматься во внимание все возможности для улучшения степени загрузки канала и его пропускной способности. Известно, что посредством применения фазокогерентных
- 20 структур сигнала существенно возрастает скорость передачи данных, что, однако, по причине слабой помехозащищенности таких сигналов ведет к дальнейшему повышению необходимых затрат на обработку сигнала либо требует специальных дополнительных мер.

- Специалистам также известно, что в технике мобильной связи проводятся эксперименты
- 25 с фазокогерентными сигналами большей длительности, которые расширяются по спектру с помощью дополнительной модуляции ЛЧМ-сигналами. Последние генерируются с помощью генератора, управляемого напряжением, и не требуют растяжения и затем сокращения сигналов во времени, как в случае применения фильтров на ПАВ с последующей передачей и обработкой. Передаваемые ЛЧМ-сигналы передаются без
- 30 дополнительного заголовка друг за другом в заданных временных интервалах. Поскольку, согласно этому способу передачи данных, все несущие частоты имеют один и тот же частотный градиент, линии развертки параллельны друг другу, причем временные интервалы выбираются таким образом, хотя развертки во времени могут частично перекрываться, однако текущие полосы частот постоянно должны быть четко отделены
- 35 друг от друга. Таким образом, по меньшей мере в области радиочастот существует возможность использования более сложных форм модуляции сигнала для кодирования информации. Посредством свипирования (развертки) частоты ослабляется или вообще исключается эффект замирания. При использовании этого способа, однако, возникают сложности в процессе обработки сигнала.

- 40 Для разделения линий развертки принимаемый ЛЧМ-сигнал преобразуется временно в узкополосный сигнал постоянной частоты и фильтруется. На основе профильтрованного сигнала оценивается передаточная функция, сам фильтрованный сигнал трансформируется обратно в форму частотно-модулированного сигнала (для его коррекции в форме частотно-модулированного сигнала) и затем демодулируется и передается далее
- 45 в качестве узкополосного сигнала для анализа параметров.

- Один из источников проблем состоит в том, что сигнал коррекции формируется на основе узкополосного, однако, сложно структурированного, в особенности в условиях многолучевого распространения передаваемого сигнала. В случае многолучевого распространения этот сигнал всегда содержит целый спектр различающихся частот. Это,
- 50 однако, никак не учитывается. Следствием является в любом случае тот факт, что при возведении в степень и затем взятии корня для извлечения модуляции, несущей информацию, возникает смесь частот, из которой невозможно получить качественную передаточную функцию. Чем больше многолучевых составляющих и чем больше их разнос

по времени, тем более заметно выражена эта проблема. В том случае, если отдельные многолучевые составляющие дополнительно имеют собственные и переменные во времени искажения (различные доплеровские смещения и т.п.), возникает совершенный хаос. Функция корректора формируется тогда на основе сильно зашумленного сигнала.

5 Такой источник ошибок в целом плохо поддается обработке корректорами, работающими во временной области; проблема интерференции лишь переводится в другую плоскость, но не решается.

Во всех известных до сих пор способах многолучевое распространение сигнала рассматривается как недостаток, против которого пытаются бороться всеми известными
10 способами, вместо того, чтобы использовать эхо-сигналы в качестве дополнительного набора сигналов предоставленного самой природой распространения сигналов. Для этого необходимо, однако, сначала выполнить разделение отдельных многолучевых составляющих. Во всех используемых до настоящего времени ЛЧМ несущих сигналах частотные градиенты устанавливаются слишком малыми, и структуры являются в целом
15 слишком негибкими, для того, чтобы воспользоваться этой возможностью. Делались попытки параллельной работы нескольких корректоров для использования двух или большего числа многолучевых составляющих с целью получения системного выигрыша и достичь улучшенных результатов обработки принимаемого сигнала. Заявителю, однако, не известны случаи, чтобы подобные попытки были реализованы на практике. В любом
20 случае, по причине необходимых больших затрат широкомасштабное использование такого подхода является сомнительным из-за неблагоприятного отношения стоимости системы к ее полезности.

В принципе, в технике связи стремятся получить, по возможности, неискаженную копию передаваемого сигнала (полезный сигнал). Всевозможные изменения, связанные с
25 условиями передачи сигнала, воспринимаются как помехи и, соответственно, производятся попытки их ослабить, скомпенсировать или, в идеальном случае, полностью устранить. При этом, однако, теряется и информация, которую передаваемый сигнал получил в процессе распространения по каналу передачи.

С другой стороны, с целью определения местоположения и измерений излучаются в
30 числе прочих сигналы, чтобы, исходя из изменений сигнала, получить информацию о пространственно-структурных и физических свойствах канала передачи, его профиля и/или содержащихся в нем объектов, для определения положения и параметров движения целей. Для этого применяются, как правило, некодированные сигналы или сигналы, оснащенные специальными маркерами, причем такие маркеры служат в качестве вспомогательного
35 средства для обработки сигнала, однако не являются информацией в смысле передачи данных.

В патентной заявке PCT/DE99/02628, опубликованной после даты приоритета текущей патентной заявки (WO 00/11817), которая включена в настоящую патентную заявку посредством ссылки, описан способ передачи сигналов, в котором впервые применяются
40 сложные структуры сигналов, которые одновременно используют несколько частотно-модулированных несущих сигналов (каналы с градиентом частоты). В каждом случае один из каналов используется в качестве опоры для демодуляции или декодирования остальных каналов (информационных каналов). Для некоторых приложений, такой подход сопряжен с недостатками или не является необходимым, когда для передачи данных назначаются как
45 минимум два канала, из которых один служит только лишь для передачи опорного сигнала и не вносит никакого вклада в собственно передачу информации.

Задачей настоящего изобретения является создание способа и соответствующей системы для приема и передачи информации, упрощенных по сравнению со способом передачи данных с множеством каналов с градиентом частоты и обеспечивающих высокое
50 качество передачи данных, устойчивость по отношению к вышеуказанным помехам и имеющих возможность настройки в соответствии с различными условиями связи.

Способ и система передачи и приема информации, соответствующие изобретению, должны в первую очередь обеспечивать за счет улучшенного качества обработки сигнала и

определения информационных параметров сигнала более высокую скорость передачи данных, а также обеспечивать передачу множества информационных сигналов в заданном частотном диапазоне одновременно или со смещением во времени для лучшего использования располагаемых частотных диапазонов. В таком же контексте создается также возможность для параллельного использования двух или большего числа частотных диапазонов.

Способ и система приема и передачи данных также должны обеспечивать возможность гибкого формирования и обработки сигналов, которые позволяют настраивать структуры сигналов в соответствии с различными специальными требованиями, обеспечат обработку принимаемых сигналов с различных точек зрения, в особенности обработку многолучевых составляющих по отдельности, параллельно или также в комплексе для получения дополнительного выигрыша при передаче информации и/или для извлечения из принимаемого сигнала информации о среде распространения, которую сигнал приобрел в процессе своего распространения.

Эти задачи решаются в способе с признаками, описанными в пункте 1 формулы изобретения, а также с помощью устройств с признаками, описанными в пунктах 32, 38 или 39 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления и применения изобретения заявлены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Основная идея изобретения состоит в формировании передаваемого сигнала в виде несущего колебания, частота которого непрерывно изменяется по заданному закону в пределах заданного временного интервала и является несущей частотой информационного сигнала, модулирующего ее. При такой передаче несущего сигнала не предусматривается никакой передачи опорного сигнала. Передача производится без опорных составляющих. Оценка сигнала в отношении несущих информацию параметров сигнала производится исключительно на основе информации, содержащейся в самом передаваемом сигнале. Для обработки не используются никакие дополнительно принимаемые сигналы, в том числе никакие опорные сигналы.

С технической точки зрения в этом контексте возможны два различных аспекта изобретения, которые в равной мере включены в настоящее изобретение. С одной стороны, непрерывное изменение частоты можно рассматривать в качестве одной из форм расширения спектра информационного сигнала, что, в общем, не является проблематичным, в случае, если такой информационный сигнал уже обладает собственным несущим колебанием. С другой стороны, также возможно, что информационный сигнал содержит всего лишь данные для модуляции несущего колебания, например, в форме так называемой модуляции базовой полосы, которая затем непосредственно модулирует несущий частотно-модулированный сигнал.

Для представленного изобретения является существенным, что посредством непрерывного изменения частоты несущего сигнала привносятся определенные свойства в процесс передачи данных, которые дают преимущества при их использовании.

Существенная часть способа и устройства, соответствующих настоящему изобретению, относится в первую очередь к специальным свойствам, а также к обработке, подготовке и преобразованию частотно-модулированных несущих сигналов, причем то, в какой форме и как такие частотно-модулированные несущие сигналы модулируются более тонкими способами информационной модуляции, является скорее второстепенным по важности, если соответствующая информационная модуляция не приводит к серьезным изменениям характеристик частотно-модулированного несущего сигнала. В соответствии с этим последующее изложение сконцентрировано на том аспекте, согласно которому частотно-модулированные сигналы рассматриваются как основные элементы несущего сигнала, при этом, однако, также и другие варианты не исключаются из рассмотрения.

В настоящем описании колебание, частота которого непрерывно изменяется в заданном интервале времени, будет обозначаться как "развертка" или "развертка несущей". Эти понятия используются здесь в качестве синонимов для понятий, введенных в опубликованной патентной заявке PCT/DE99/02628 (WO 0011817), таких как "градиентный

несущий сигнал" или как термины, встречающиеся в технической литературе, такие как "вобулирующая частота" или "частотно-модулированная несущая". Для простоты термин "развертка" будет использоваться здесь в качестве принятого понятия для сигнала, характеризуемого непрерывным изменением частоты.

5 Предлагаемый способ, который опирается на применение одного несущего колебания с непрерывным изменением частоты, будет называться здесь как "F2-технология" (от английского термина "floating frequency technology" "технология плавающей частоты") или "S2-технология" (от английского термина "sweep spread technology" "технология расширения спектра"). Для применения в связи использованы краткие обозначения, такие как "F2-коммуникация" или "S2-коммуникация" или "S2C".

В отличие от сигналов с постоянной несущей частотой здесь, посредством изменения частоты несущего сигнала, вводится дополнительная переменная, т.е. дополнительное измерение, которое, кроме полезного распределения энергии сигнала в широкой полосе частот, прежде всего, приводит к тому, что многолучевые составляющие, возможно
15 появляющиеся в процессе передачи сигнала, не могут легко накладываться друг на друга. Временная задержка представляет собой просто сдвиг в частотно-временной области, в которой соответствующие составляющие лежат последовательно друг за другом, например, при ЛЧМ параллельно друг другу, причем их относительные удаления представляют собой функцию разностей времени распространения и частотного градиента
20 соответствующей развертки несущей. Время распространения обусловлено природой распространения сигнала и едва ли может подвергаться воздействию, в то время как частотный градиент является управляемым параметром. При этом становится ясно, что конфигурация разверток несущей может использоваться в предлагаемом способе как инструмент, с помощью которого становится возможным управление расстоянием между
25 многолучевыми составляющим ("плотностью упаковки") в частотно-временной области, т.е. уменьшение влияния или исключение эффекта интерференции.

В соответствии с изобретением после приема сигнал преобразуется или трансформируется в другую частотную форму, причем преобразование производится предпочтительно в полосу частот или в спектр, в котором частота несущей не испытывает
30 никаких изменений. Одной из альтернатив является возможность фильтрации многолучевых составляющих с помощью синхронно перестраиваемого фильтра, что, однако, на практике трудно реализовать, с последующим перемножением, сверткой и т.д. со специальной функцией обработки.

С помощью предпочтительного преобразования достигается то, что многолучевые
35 составляющие, смещенные в частотно-временной области, в соответствии с их относительными удалениями друг относительно друга попадают в различающиеся частотные полосы. Посредством такого удивительно простого преобразования достигается очень существенный качественный эффект в обработке сигнала, а именно то, что задача разделения многолучевых составляющих, сдвинутых во времени, переводится из
40 временной области в частотную. Огромное преимущество состоит в том, что существующие способы обработки сигнала в частотной области обеспечивают в целом лучшие результаты и реализуются значительно проще.

Для отделения/очистки от различных помеховых составляющих может оказаться достаточным применение простых фильтров, например полосно-пропускающих фильтров
45 (ППФ). При этом такие фильтры могут настраиваться на интересующие составляющие; или, с другой стороны, соответствующие составляющие могут переноситься в заданный частотный диапазон, например, посредством синхронизации соответствующей вспомогательной частоты с соответствующей многолучевой составляющей. Во многих приложениях применение такой полосовой фильтрации может быть достаточной для
50 решения основных проблем. В принципе, в соответствии с предлагаемым способом существует, однако, возможность обработки спектральных составляющих принятого частотно-преобразованного сигнала с применением более сложных фильтровых систем по одиночке, параллельно в блоке, в случае необходимости комбинируя их друг с другом с

целью восстановления, или извлечения, или выделения параметров, несущих информацию. Для этого могут применяться способы, известные из общедоступных источников по обработке сигналов, которые здесь не описываются детально. Необходимо однако подчеркнуть, что после разделения принятого сигнала в спектр постоянных частот

5 возникают существенно более благоприятные исходные условия для использования вышеупомянутых способов. В процессе разделения многолучевых составляющих на отдельные спектральные линии любые формы интерференции и интермодуляции ослабляются или вообще исключаются.

Во всех предыдущих способах проблема интерференции либо интерференционного

10 ослабления сигнала рассматривается в качестве основной. Большая часть сложностей при коррекции принимаемого многолучевого сигнала возникает, однако, также по причине их индивидуальных и к тому же непостоянных во времени частотных и фазовых искажений, например, вследствие различных доплеровских сдвигов. Интермодуляция различных доплеровских составляющих приводит к усложнению передаточной функции канала и к

15 чрезвычайно короткому времени когерентности. Простые корректоры являются слишком "короткими", чтобы установить достаточно точную функцию коррекции, более "длинные" корректоры являются слишком инертными, чтобы отслеживать все изменения, происходящие в канале, образно говоря, они "рассыпаются". В F2-способе такого рода интермодуляцию удастся избежать наилучшим образом. Коррекция может производиться

20 для отдельных многолучевых составляющих по отдельности, что существенно облегчает задачу, предпочтительным образом уменьшает затраты и обеспечивает лучшие результаты. Некоторые предпочтительные варианты обработки, а также конкретные дальнейшие развития способа описываются в связи с соответствующими пунктами формулы изобретения.

Предлагаемый способ обеспечивает возможность извлечения из принимаемого сигнала

25 различной информации, а также использования информации, содержащейся в передаваемом или принимаемом сигналах и/или различных видах модуляции. Пользователь может сам определить, каким образом и в какой степени можно получить выгоду от этих возможностей.

Одно из предпочтительных приложений состоит в передаче информации между

30 приемником и передатчиком. Одновременно и независимо от этого принимаемые сигналы могут обрабатываться в отношении изменений, приобретаемых ими в линии передачи, которые предоставляют приемнику полезную информацию об особенностях и свойствах среды. Например, на основе анализа частотного спектра принятого и преобразованного по

35 частоте сигнала может проводиться оценка качества отдельных путей распространения, что может учитываться в процессе передачи данных (например, для коррекции положения приемника и передатчика, фокусировки антенн и т.п.). Кроме этого, путем соответствующей процедуры обработки специалист может получить разнообразные дополнительные данные из принимаемых сигналов. При этом использованный для

40 модуляции на передающей стороне информационный сигнал может использоваться, в числе прочего, в качестве маркера для улучшения процедуры обработки. В этом смысле могут выбираться определенные формы модуляции, которые удовлетворяют обоим упомянутым аспектам. Разнообразные способы модуляции, предпочтительно применимые в заявленном способе, упомянуты ниже при описании различных форм выполнения.

Несущее колебание может формироваться в качестве акустической волны для твердых,

45 текучих или газообразных сред распространения либо в качестве электромагнитной волны (например, высокочастотные сигналы, оптические волны). Изменение частоты может производиться в заданном интервале времени, для самого простого пригодного для многих применений, случая, линейно или в соответствии с заданной преимущественно монотонной

50 непрерывной функцией или, например, в соответствии с гауссовой функцией. Поскольку ширина располагаемой полосы частот, как правило, ограничена, знак частотного градиента несущего колебания должен изменяться в конце соответствующего временного интервала (точка поворота) либо должен заново устанавливаться на значение, например,

начальной частоты. При этом несущее колебание расчленяется на ряд элементов, которые названы разверткой, либо для того чтобы подчеркнуть тот факт, что речь идет в первую очередь о структурных элементах несущего колебания - разверткой несущей.

Изобретение относится как к способу приема, так и к способу передачи сигналов на основе вышеописанного принципа.

Для передачи сигнала передаваемая информация накладывается на развертку несущий или на несущее колебание с градиентом частоты, т.е. соответствующие параметры сигнала модулируются в соответствии с выбранным пользователем способом кодирования.

Модулированный несущий сигнал обозначен как F2-сигнал или как S2-сигнал.

В соответствии с одной из предпочитаемых форм выполнения изобретения несущее колебание представляет собой последовательность разверток несущей одинаковой формы, которые могут быть разнесены относительно друг друга во времени. Временные интервалы разноса могут быть полезны, например, для обеспечения естественного ослабления запаздывающих многолучевых составляющих или других откликов канала (определяемых как эхо для акустических сигналов). Возможность задавать переменные расстояния между развертками может использоваться, например, для расчленения информации на отдельные информационные пакеты. Это обеспечивает дальнейшую основу для применения многопользовательских систем.

В соответствии с изобретением развертки несущей могут иметь самые различные изменения и настраиваться в соответствии с различными задачами и условиями передачи. Например, развертки несущей с положительной и отрицательной крутизной могут чередоваться через определенные интервалы времени, а также развертки несущей могут чередоваться так, чтобы в итоге образовался замкнутый процесс, осциллирующий в пределах заданной полосы частот. Может предусматриваться также мультиплексирование в пределах одной или нескольких полос частот так, чтобы положение частот (начальная частота) изменялось от развертки к развертке.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения предусматривается обеспечение повышенных скоростей передачи данных за счет разделения развертки на два или большее число временных тактов модуляции, которые могут иметь переменную длительность. В одном из вариантов выполнения используются не абсолютные значения параметров сигнала, а их относительные изменения от одного такта модуляции информационного параметра к другому; при этом достигается более высокая устойчивость при передаче данных в условиях динамических помех.

Для оптимального использования заданной полосы частот возможен вариант передачи нескольких сигналов параллельно (множества модулированных разверток несущей). В случае необходимости возможным является также такой вариант реализации изобретения, где вместо многопользовательского режима или комбинации с таковым развертки одного и того же F2-сигнала сдвигаются таким образом, что происходит их частичное совмещение во времени. Кроме того, возможна передача двух или более разверток с различающимися, например противоположными по знаку, градиентами (перекрестные развертки) для двукратного или многократного увеличения скорости передачи данных. Таким образом, этот вариант содержит целый ряд возможностей для повышения скорости передачи информации в заданной полосе частот.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения предусматривается, что несущее колебание подразделяется на два или более интервала, имеющие различные частотные характеристики. При этом по меньшей мере один из интервалов выполняется в форме развертки. Эта развертка может передаваться в последовательности с частичным совмещением во времени или одновременно с другими фрагментами сигнала, например, с использованием сдвинутой по частоте, однако одинаково структурированной развертки несущей и/или в комбинации с фрагментом несущего сигнала постоянной частоты и/или совместно с одной или множеством разверток несущей, которые имеют другой, преимущественно противоположный, наклон и/или имеют другую форму развертки. Несмотря на то что это уже явно следует из контекста,

необходимо в отдельности отметить, что в объем заявленного способа входит и такой вариант, когда передаваемые последовательности, образованные из двух смещенных относительно друг друга фрагментов несущей, как описано выше для отдельных несущих элементов, в качестве замкнутой последовательности, располагаются в различных группах
 5 или в виде отдельных пакетов в единой полосе частот или попеременно в частотно-временном пространстве.

При реализации предлагаемого способа множество возможностей осуществления является результатом разделяемости отдельных фрагментов сигнала, имеющих различную конфигурацию или достаточно разнесенных относительно друг друга в частотно-временной
 10 области, включая принимаемые многолучевые составляющие. Этот инструмент может быть использован самым различным образом. Например, с помощью соответствующей модуляции передача информации может осуществляться с более высокой скоростью и/или надежностью либо может обеспечиваться улучшение возможностей определения параметров среды передачи. Кроме возможности распределения информационного
 15 сигнала более или менее равномерно в соответствующих фрагментах несущей, может быть, предпочтительным кодирование одного символа в двух или большем числе фрагментов несущей, в которых находится одна и та же информация. При этом становится возможным, например, исключить пропуски, опасные потерями информации, обеспечить поддержку алгоритмов коррекции данных, вносить маркеры для обработки сигнала и/или
 20 создавать отдельные фрагменты в качестве опорного сигнала, используемого в обработке. В последнем случае можно при необходимости полностью отказаться от информационной модуляции соответствующего фрагмента сигнала.

Такое разнообразие временных и частотных параметров сигналов позволяет их использовать предпочтительным образом для распознавания, разделения и анализа
 25 сигналов при множественном доступе к каналу, т.е. в многопользовательском режиме в заданной полосе частот.

Развертки или фрагменты несущей F2-сигнала конфигурируются предпочтительно по определенному протоколу, установленному как на стороне передатчика, так и на стороне приемника. Этот протокол может, например, отличаться для различных пар пользователей,
 30 благодаря чему в основном в многопользовательском режиме доступа к одному и тому же каналу снижается опасность помехового влияния сигналов друг на друга. С другой стороны, в случае применения одинаковой конфигурации разверток несущей в режиме параллельного использования множества F2-сигналов такой протокол передачи может служить, например, для установления или задания временных интервалов (временных
 35 слотов) и соответствующего упорядочения сигналов во времени. Также может предусматриваться оперативная настройка на текущие условия передачи, на специальные требования приложения или пожелания пользователя. Изменяемые протоколы передачи данных могут служить, например, цели достижения лучшего качества приема, эффективного использования полосы частот, снижения времени ожидания, для
 40 переключения в другую полосу частот или для уменьшения опасности перехвата или подслушивания сигнала и т.д.

В одной из форм осуществления способа представляется возможным комбинирование с другими используемыми на практике способами, в особенности с известным способом
 непосредственной модуляции несущего сигнала псевдослучайной последовательностью.

Для целого ряда приложений возможность использования многократной модуляции совместно со способом непосредственной модуляции несущего сигнала псевдослучайной
 45 последовательностью или ПШ-способом может обеспечить преимущества, например, дальнейшего повышения помехоустойчивости при передаче данных, увеличения разнообразия форм модуляции, увеличения пропускной способности передающего канала, улучшения возможности многопользовательского доступа, маскировки или скрытия
 50 сигналов или сообщений.

Приемник, соответствующий изобретению, предназначен для приема передаваемых передатчиком сигналов, а также для обработки и оценки их параметров. Обработка в

соответствии с согласованным протоколом передачи или в соответствии с частотным и/или временным шаблоном размещения фрагментов сигнала делает возможным выделение информационного сигнала из принимаемого спектра и в особенности целенаправленное объединение фрагментов сигнала, распределяемых в частотно-временной области. В

5 особенности для многократно модулированных, например модулированных согласно ПШ-способу, сигналов упомянутый шаблон может состояться из отдельных частей, которые располагаются, как правило, последовательно в заданном порядке. В ходе разделения и демодуляции различные шумовые составляющие ослабляются или устраняются, что с точки зрения передачи информации, в общем, оценивается как выигрыш за счет

10 модуляции.

Заявленный способ предусматривает, что F2-сигнал после приема трансформируется или преобразуется в другую частотную форму, например в постоянную полосу частот. Это осуществляется, например, посредством смешивания или перемножения с генерированной на приеме вспомогательной частотой (гетеродинной частотой), которая имеет такой же

15 закон изменения частоты, как и несущее колебание передаваемого сигнала, однако параллельно сдвинута по отношению к ней так, что частота несущего колебания преобразованного сигнала имеет постоянное значение. В качестве альтернативы, преобразование может производиться посредством гетеродинной частоты с противоположным ходом изменения частоты по сравнению с таковым у передаваемого

20 сигнала, которая может быть параллельно смещена или лежать в той же полосе частот. Эти варианты могут при необходимости комбинироваться для обработки более сложных структур сигналов, например для распределения преобразованных сигналов или составляющих в различных спектральных диапазонах. Также в объем способа входит вариант преобразования сигнала в постоянные частоты в несколько этапов, например, с

25 целью итеративного улучшения результатов обработки или компенсации непостоянных во времени изменений определенных составляющих сигнала.

Преобразование частоты, проведенное для демодуляции развертки несущей, имеет, наряду с расчленением многолучевых составляющих на узкополосные спектральные

линии, еще один полезный эффект. Он состоит в том, что энергия составляющих,

30 содержащаяся в принимаемом сигнале и распределенная в полосе частот, сосредотачивается в одной частотной "ячейке". В то же время узкополосные шумы, содержащиеся в принимаемом сигнале, рассеиваются, их энергия распределяется в широкой полосе. В зависимости от выбранного способа расширения спектра на этом этапе происходит увеличение отношения сигнал/шум и тем самым получение системного

35 выигрыша и выигрыша от применения многократной модуляции.

При генерации вспомогательной частоты, в случае необходимости, во внимание принимаются также доплеровские частотные сдвиги, приобретаемые сигналом в канале передачи.

После преобразования принимаемого сигнала в другую частотную форму может

40 производиться его дальнейшая обработка в частотной области: при необходимости фильтрация для выделения отдельных частот или очистка от помеховых составляющих, а также оценка.

Базовый вариант предусматривает выделение одной из спектральных линий из спектра преобразованного сигнала, в частности, обусловленного многолучевым распространением,

45 наиболее подходящей для ее выделения и оценки. Такая пригодность может определяться на основе различных критериев, например на основе схемотехнических настроек. Важными критериями выбора являются, прежде всего, мощность соответствующей спектральной линии и/или ее расстояние до соседних спектральных линий. Во многих случаях выделенная спектральная линия может непосредственно оцениваться. В одном из

50 вариантов осуществления, например, после выделения может производиться дополнительная фильтрация во временной области, в особенности посредством адаптивных фильтров типа корректора и/или адаптивной коррекции фазы, в частности с помощью фазоследящей цепи, например с целью улучшения возможности восстановления

передаваемого сигнала и/или проведения более успешной оценки параметров сигнала. Одно из преимуществ предлагаемого способа состоит в том, что после преобразования сигнала на постоянные частоты обеспечивается совместимость со всеми известными способами обработки, причем в зависимости от потребности может совместно

5 использоваться практически любое число отдельных операций или этапов более сложной обработки сигнала, способов фильтрации с прямой и обратной связью и т.п., с помощью которых практически любые параметры сигнала во временной, частотной и/или любой другой области представления сигнала могут обрабатываться и оцениваться.

10 Анализ производится, например, для демодуляции фазомодулированных F2-сигналов посредством разложения принятого сигнала на вспомогательные составляющие, генерируемые на стороне приемника (вспомогательные колебания, квадратурные составляющие, фазоследящие цепи, БПФ или бистабильные схемы), причем, например, определяется разность фаз между двумя, преимущественно, соседними временными тактами модуляции.

15 В одном из вариантов осуществления способа предусматривается возможность выделения не одного, а двух или большего числа частотных (многолучевых) составляющих из спектра преобразованного сигнала, а также их последующей обработки преимущественно в отдельных каналах обработки сигнала или последовательно в одном единственном канале обработки. Результаты обработки, например, различных
20 многолучевых составляющих могут сравниваться или обрабатываться далее совместно. Так уже, например, такое простое средство, как построение среднего значения данного параметра сигнала с взвешиванием в соответствии с мощностью соответствующей составляющей, дает существенное сужение диапазона рассеяния конечного результата, что приводит к снижению уровня ошибки, а также обеспечивает использование более
25 сложных способов модуляции (например, фазовой модуляции с увеличенным числом дискретных состояний). При этом посредством применения F2-способа эффект многолучевого распространения может быть использован с выгодой, что определяется как "выигрыш, обусловленный многолучевым распространением".

Один из путей развития способа содержит вариант, в котором из спектра принятого
30 преобразованного сигнала выделяются две или более спектральные линии, и так сдвигаются по отношению друг к другу и преобразуются по частоте, что несущие колебания становятся когерентными, комбинируются, в частности накладываются одно на другое или суммируются, и в конечном итоге подвергаются анализу. Преимущество такого способа обработки состоит, прежде всего, в концентрации энергии сигнала
35 соответствующих фрагментов таким образом, что в конечном итоге существенно более мощный сигнал поступает на обработку. Кроме того, имеет место дополнительный важный эффект, состоящий в том, что в таком же порядке суммируются и шумовые составляющие, что, однако, не приводит в обязательном порядке к усилению результирующего уровня шума.

40 Поскольку каждая многолучевая составляющая, в особенности при многолучевом распространении, несет с собой собственную составляющую шума, при сложении случайных значений шумовых составляющих нескольких многолучевых составляющих происходит соответствующее выравнивание энергетических составляющих шумового спектра. Естественно, необходимо учитывать реальную среду при использовании эхо-
45 сигналов в качестве параллельной последовательности многократно принятого полезного сигнала, а именно то, что многолучевые составляющие могут иметь различное качество и, как правило, принимаются с различными уровнями мощности. Тем не менее, на базе описанного здесь основного принципа, который может быть расширен в зависимости от приложения, а также уточнен, достигается ко всему прочему существенное улучшение
50 отношения сигнал/шум, а также выигрыш за счет объединения множества многолучевых составляющих.

В качестве полезного свойства в описанном способе наложения необходимо отметить возможность оценки пространственно-структурных и физических свойств передающего

канала, получаемых и применяемых при расчете величин коррекции составляющих для достижения их когерентности, которые в известном смысле являются уже достаточно подготовленными для этой цели. Дальнейшая обработка и оценка для выделения информации такого рода представляют собой одну из возможностей осуществления

5 предложенного способа.

Один из вариантов выполнения, удовлетворяющий требованиям целого ряда приложений, в особенности для передачи данных, представляет собой реализацию приемной части в виде так называемого "слепого приемника". Для этого разработана специальная процедура обработки сигнала, которая обозначается как "обработка сигнала

10 вслепую" (англ.: blind signal processing). В этом контексте "вслепую" означает отказ от специальных мер, предназначенных для получения точной временной синхронизации приемника и передатчика, при котором, однако, приемник без дополнительных мер по установлению синхронизации автоматически распознает предназначенный для него сигнал и оценивает его.

15 Одной из специфических особенностей F2-способа, кроме автоматизированной демодуляции развертки несущей, является дополнительная опция, состоящая в том, что многолучевые составляющие принимаемого сигнала можно полностью автоматически сделать когерентными, а энергию всех многолучевых составляющих сконцентрировать в одном непрерывном узкополосном сигнале, который затем предоставляется для оценки.

20 Этот базовый принцип может быть выполнен различными техническими средствами.

Один из предпочтительных вариантов осуществления, который особенно эффективно может применяться при линейной частотной модуляции разверток несущей, состоит по существу из трех этапов обработки, которые затем по одиночке или в комплексе могут надстраиваться до любой степени сложности. Основная идея характеризуется

25 следующими признаками: а) отображение принимаемого сигнала на две различные вспомогательные частоты (развертки) для получения двух отдельных частотных спектров с внутренним (по отношению к спектру) зеркальным расположением спектральных линий постоянной частоты, при необходимости проводится коррекция фазы одного или обоих спектров; б) исключении расширения задержек за счет использования функциональной

30 взаимосвязи между сдвигами времени распространения и частотными сдвигами, при необходимости также коррекция отдельных частотных и фазовых искажений для более тонкой синхронизации элементов в обоих спектрах, а также с) перемножение обоих спектров друг с другом для концентрации энергии отдельных элементов сигнала в одной "частотной ячейке" некоторой новой центральной частоты и сведения отдельных

35 элементов в непрерывную волну с новой центральной частотой. После этого центральная частота фильтруется и обрабатывается. Дальнейшие детали поясняются далее со ссылками на чертежи.

Вышеуказанный способ позволяет максимизировать отношение сигнал/шум за счет использования многолучевого распространения. Большим преимуществом является также

40 то, что передаваемый частотно-модулированный сигнал может быть сведен на приемной стороне к непрерывной волне. Все это является важными предпосылками для увеличения скорости передачи данных, надежности передачи и т.п., а также может использоваться иным образом, например, в мобильной связи для снижения требований к мощности передачи (более продолжительный срок службы аккумуляторов, снижение вредного

45 воздействия на пользователя и т.п.). Возможность "слепой" обработки существенно упрощает практическую реализацию способа. Кроме этих основных преимуществ, обработка вслепую означает также и определенные ограничения в отношении используемых форм сигналов, их частотных и временных параметров. Кроме того, например, при фазовой модуляции необходимо учитывать, что при перемножении обоих

50 спектров число разрешаемых цифровых фазовых состояний становится вдвое меньшим. Выбор способа кодирования информационного сигнала, однако, не должен создавать проблем. Кроме того, всегда существует возможность синхронизации приемника и передатчика после установления связи посредством обработки вслепую, например, "на

лету", и затем перейти в другой режим.

Еще один вариант выполнения способа включает меры по настройке, например, для постановки задачи комбинаторного вида, к примеру, в подводной технике, локации, ориентировании, которые часто являются такими же важными, как и связь. Предложенный способ обеспечивает принципиальное решение, которое в представленной или иной форме может использоваться в различных областях техники сигналов (включая высокочастотную область, лазерную технику и т.д.). В особенности предусматривается, что информация, демодулированная приемником в соответствии с одним из вышеописанных способов, создает копию переданного сигнала и/или копию его преобразования и такой искусственно сформированный сигнал, свободный от всевозможных искажений, помех и прочих изменений, возникающих в канале передачи обрабатывается совместно с принимаемым сигналом или с результатами его преобразования для качественной и количественной оценки изменений в канале передачи и, следовательно, для получения информации о среде передачи, например, с целью определения положения и параметров движения, определения структурно-пространственных и физических особенностей канала передачи, его профиля и содержащихся в нем объектов и т.п.; т.е. для получения любого рода информации, приобретенной сигналом в процессе его распространения в канале. При этом информационный сигнал, перенесенный в передатчике на несущую частоту, может, по необходимости, либо выделяться, либо использоваться при оценке, например, в качестве маркера.

Для различных приложений преимущество состоит в том, что и передатчик можно приспособить для проведения подобного рода анализа. В соответствии с этим передающее устройство выполняется таким образом, что передатчик принимает переданные им самим сигналы или их составляющие, отраженные от граничных поверхностей или от различных объектов, и обрабатывает их совместно с исходным сигналом для выделения информации о среде передачи.

Кроме того, в соответствии с предложенным способом может учитываться информация о свойствах и другие особенности канала передачи при генерировании передаваемого сигнала и/или при его обработке, например, для улучшения или уточнения результатов обработки и/или анализа или для расширения возможностей способа.

Предметом изобретения являются также устройства для передачи и приема информации, реализующие способ передачи и приема информации, и система, состоящая из комбинации таких устройств приема и передачи.

Передающее устройство содержит по меньшей мере один генератор для выработки несущих колебаний с непрерывным изменением частоты и соответственно по меньшей мере один модулятор для осуществления такого рода модуляции.

Приемное устройство выполняется с возможностью приема сигналов с развертками несущих. Оно содержит генератор опорного сигнала для формирования по меньшей мере одного вспомогательного сигнала с искусственно созданной вспомогательной частотой, по меньшей мере один смеситель для смешения принятого сигнала с соответствующим вспомогательным сигналом, а также, при необходимости, один или несколько фильтров и по меньшей мере одно устройство анализа.

Изобретение имеет в особенности следующие преимущества. В первую очередь, реализуется использование широкополосных сигналов посредством частотно-модулированных сигналов, что делает возможным передачу дополнительной информации помимо существующих узкополосных каналов, использующих постоянные несущие частоты, не вызывая при этом существенных помех для систем передачи данных, основанных на использовании постоянных несущих частот. Посредством использования непрерывно изменяющихся частот F2-сигналов достигается выравнивание воздействия шума (усреднение по широкой полосе частот) и создаются предпосылки улучшения отношения сигнал/шум для обработки сигнала на стороне приемника. Модуляция несущего колебания или развертки несущей может происходить на базе цифрового или аналогового кодирования, в зависимости от типа приложения. В отличие от известных способов

импульсной частотной модуляции применяемые здесь развертки несущей содержат в каждом случае связующий фрагмент сигнала, что делает возможным применение фазокогерентных способов модуляции и тем самым увеличение скорости передачи информации.

5 Достигаются также преимущества, которые были раскрыты в международной заявке PCT/DE99/02628 (WO 0011817) для описанной в ней передачи сигнала. Поскольку F2-способ обеспечивает наиболее качественное разделение многолучевых составляющих, при этом также предоставляет возможность их отдельного использования, проблемы интерференции, возникающие при многолучевом распространении, могут быть успешно
10 устранены, а также может быть достигнута наибольшая стабильность значений фазы и амплитуды. Также предоставляются различные возможности использования эффекта многолучевого распространения. В особенности значимым является то, что энергия приходящих в приемник запаздывающих многолучевых составляющих может быть сконцентрирована. Достигаемый в таком случае выигрыш за счет многолучевого
15 распространения может рассматриваться как подобная антенному усилению, которое достигается благодаря одновременному сбору энергии сигнала от разнесенных в пространстве точек, с тем отличием, что здесь используется многократный прием временной последовательности многолучевых составляющих (эхо). Оба подхода могут, однако, вполне успешно комбинироваться. Главная черта предлагаемого изобретения
20 состоит в первую очередь в предоставлении инструмента для предпочтительно компактного решения.

Высокое качество распознавания сигнала открывает возможности выполнения одновременной более тонкой модуляции отдельных параметров или целой группы параметров сигнала для передачи данных. При этом пользователь F2-технологии может
25 решать сам, будет ли информация передаваться в форме аналоговых сигналов или в форме другой подходящей модуляционной кривой. Варианты модуляции амплитуды, фазы и/или частоты по отдельности или в определенных сочетаниях могут комбинироваться так, что будут создаваться дискретные состояния, которые могут использоваться для цифровой передачи данных. Увеличение числа различных цифровых состояний может
30 использоваться для увеличения скорости передачи данных. Кроме того, дополнительные цифровые состояния могут реализовываться за счет возможности комбинирования разнообразных параметров модуляции. Цифровая форма модуляции может использоваться предпочтительным образом и для отдельных разверток, что благоприятно для многопользовательского режима доступа.

35 С помощью представленного здесь F2-способа может достигаться равномерное по всей зоне покрытия качество приема, причем, в особенности для применения мобильных приемных и передающих устройств, может оказаться очень полезным то, что посредством этого способа устраняются эффекты неустойчивости (замирания) и пропуски при приеме, обусловленные многолучевой интерференцией.

40 Для ряда приложений может оказаться полезным, что F2-сигналы, будучи достаточно широкополосными, слабо подвержены влиянию внешних помех. Так, например, представляется маловероятным, что вся полоса частот целиком может быть блокирована помехами. Кроме того, полезным является тот факт, что энергия (или спектральная плотность мощности) F2-сигналов распределяется в широком диапазоне частот. По той
45 причине, что каждая частотная ячейка спектра сигнала содержит при этом небольшое количество энергии и является "активной" очень короткое время, достигается, с одной стороны, то, что эти сигналы сложнее перехватить (в особенности, если структура развертки несущей неизвестна или характеристики развертки меняются в процессе передачи), и, с другой стороны, что они слабо взаимодействуют с другими сигналами,
50 например, передаваемыми на постоянной несущей частоте или являющимися также F2-сигналами, которые имеют другой, например, противоположный по знаку, градиент изменения частоты (перекрестные развертки и т.п.). Принципиально представляется возможным использование так называемых "каналов с изменяющейся (свирующей)

частотой" (F2-каналы или S2-каналы) в дополнение к существующим каналам с постоянной несущей частотой, использующих соответственно широкую частотную полосу. Возможность комбинирования с другими способами расширения спектра обеспечивает полезные варианты осуществления способа, посредством которых названные преимущества, а также спектр применения могут получать дальнейшее развитие.

Дополнительные детали и преимущества изобретения поясняются ниже со ссылками на чертежи, на которых показано следующее:

фиг.1а, 1b - иллюстрация изменения во времени развертки несущей с линейно нарастающим (а) и спадающим (b) законом изменения частоты;

фиг.2а, 2b - представление колебаний двух участков F2-сигнала;

фиг.3а, 3b - примеры наложения несущих колебаний:

развертки несущей и несущей с постоянной частотой (а), двух разверток несущей с линейно нарастающим и спадающим законом изменения частоты (b), которые могут принадлежать одному или двум различным информационным сигналам;

фиг.4а, 4b, 4с - схематическое представление для иллюстрации распределения спектральной плотности энергии наложенных сигнальных составляющих, а также ее перераспределения в соответствии с процедурой преобразования сигнала: изменяющийся по частоте сигнал с расширенным спектром (F2-сигнал), узкополосная помеха плюс шум (а), обратное соотношение вследствие преобразования сигнала (b), преобразованный полезный сигнал плюс шумовая составляющая после фильтрации (с);

фиг.5 - иллюстрация деления развертки несущей на временные такты модуляции;

фиг.6 - иллюстрация варианта реализации многократной модуляции при формировании передаваемого F2-сигнала; например, 4-позиционного со сдвигом фазокодированного информационного сигнала, который модулирует ЛЧМ-несущее колебание и фильтруется.

фиг.7 - пример заполнения полосы частот несколькими F2-сигналами;

фиг.8 - пример временного упорядочивания разверток несущих F2-сигнала в одной полосе частот;

фиг.9 - иллюстрация варианта распределения фрагментов развертки несущей F2-сигнала по нескольким полосам частот;

фиг.10 - иллюстрация формирования вспомогательной частоты на стороне приема;

фиг.11 - иллюстрация отображения несущего колебания на вспомогательную частоту на стороне приема;

фиг.12 - иллюстрация тонкой структуры принимаемого сигнала;

фиг.13а, 13b - иллюстрация спектральных составляющих преобразованного по частоте принятого сигнала;

фиг.14а, 14b - блок-схема передающего устройства (а) и приемного устройства (b) в соответствии с изобретением;

фиг.15 - блок-схема приемного устройства в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

фиг.16 - блок-схема передающего устройства для формирования F2-сигналов с перекрывающимися по времени несущими колебаниями;

фиг.17 - блок-схема приемного устройства с отдельными каналами обработки;

фиг.18 - блок-схема приемного устройства для комбинированной оценки многолучевых составляющих;

фиг.19 - блок-схема приемного устройства для комбинированной оценки многолучевых составляющих с индивидуальной коррекцией фазы;

фиг.20 - блок-схема приемного устройства с корректором;

фиг.21 - блок-схема приемного устройства для комбинированной оценки многолучевых составляющих с индивидуальными корректорами;

фиг.22 - блок-схема приемного устройства с обработкой принимаемого сигнала "вслепую";

фиг.23 - иллюстрация отображения принимаемого сигнала с одним эхо-сигналом на две различные вспомогательные частоты для формирования двух зеркальных частотных

спектров;

фиг.24 - детальная иллюстрация отображения на верхнюю вспомогательную частоту;

фиг.25 - детальная иллюстрация отображения на нижнюю вспомогательную частоту;

фиг.26a, 26b - иллюстрация зеркального расположения частотных составляющих в

5 преобразованных спектрах, а также коррекция временных смещений посредством специальных фильтрующих функций;

фиг.27a, 27b - иллюстрация расположения частотных составляющих после их смещения вдоль оси времени;

10 фиг.28 - иллюстрация формирования непрерывного колебания и концентрации энергии сигнала в полосе частот с соответствующей центральной частотой (перед фильтрацией рассеянных составляющих);

фиг.29a, 29b - блок-схема передающего устройства (a) и приемного устройства (b) для ПШ-модулированных сигналов;

фиг.30 - блок-схема приемного устройства с доплеровской компенсацией;

15 фиг.31 - блок-схема приемного устройства с встроенным блоком спектрального анализа, в особенности для анализа в реальном времени многолучевой структуры.

Передача сигналов в соответствии с предложенным изобретением описывается в отношении формирования сигнала (генерация на передающей стороне несущего колебания и его модуляция), а также обработки и демодуляции на приемной стороне.

20 Известные физические и технические меры и средства для формирования или получения сигналов, для цифрового информационного кодирования, для передачи и приема детально не описываются.

Модуляция на передающей стороне

На фиг.1a и 1b представлены примеры разверток несущих с разными частотными 25 градиентами по отдельности, которые в этом простом случае являются линейными функциями. На фиг.2a и 2b, с учетом фиг.1a, схематично представлены несколько периодов колебаний с постоянным значением частотного градиента, где, однако, значение начальной фазы различается на 180 градусов. Установка начальной фазы представляет собой пример фазового кодирования F2-сигналов. Другие возможности кодирования 30 базируются на известных способах амплитудной и частотной модуляции или комбинации всевозможных способов модуляции.

Фиг.3a и 3b представляют возможность одновременной передачи разверток несущих совместно с несущими колебаниями, конфигурированными другим способом, при этом 35 фиг.4, на основе схематично представленного спектрального распределения энергии, показывает, что, например, F2-сигнал и узкополосный сигнал (здесь помеховый сигнал по отношению к изменяемому по частоте сигналу) влияют друг на друга только лишь в незначительной степени. В то время как узкополосная составляющая выражена явно в составе передаваемого и принимаемого сигналов, энергия F2-сигнала, однако, 40 распределена в широкой полосе (фиг.4a), но отношение между ними меняется в результате преобразования сигнала после обработки принимаемого сигнала посредством вспомогательного изменяемого по частоте сигнала, сформированного на стороне приема (фиг.4b). В результате энергия исходного узкополосного сигнала-помехи распределяется по частотному диапазону, в то время как энергия F2-сигнала концентрируется в одной частотной ячейке, при этом он становится выраженным намного более явно над уровнем 45 шума. Это облегчает его фильтрацию и обработку (анализ). Фиг.4c представляет тот факт, что в отфильтрованном сигнале все еще содержится шумовая составляющая, которая может привести к ошибке в оценке передаваемой информации.

В добавление к этому необходимо отметить, что при наложении одной развертки на другую с противоположным градиентом (здесь не представлено), при преобразовании 50 первого в постоянную частоту, энергия сигнала второй развертки распределяется по еще более широкому диапазону частот.

Развертка несущей может являться носителем одного или нескольких битов или (при аналоговой обработке информации) может содержать одну или более единиц информации.

Для нескольких битов или единиц информации развертка несущей подразделяется на несколько временных тактов модуляции, что, например, иллюстрируется на фиг.5. Подразделение развертки с линейным частотным градиентом на два такта равной длительности T_1 и T_2 представлено в каждом случае длительностями тактов t_{T1} и t_{T2} .

5 Посредством подразделения разверток несущих на два или большее число тактов модуляции может обеспечиваться повышение скорости передачи данных.

Подразделение на временные такты модуляции является особенно полезным при передаче цифровой информации, разделении битовых потоков, распознавании. Например, при передаче двух нулей, следующих друг за другом, они могут разноситься как
10 отдельные биты с помощью временных тактов модуляции. При использовании большого числа тактов (например, 10 на развертку) обеспечиваются особенно высокие скорости передачи битов.

Введение временных тактов модуляции представляет собой важную отличительную черту по сравнению с вышеуказанным использованием частотной модуляции для передачи
15 данных в других способах. В соответствии с предлагаемым способом развертки частоты не просто "включаются" и "выключаются", а потактно модулируются.

В зависимости от приложения временные такты модуляции, что касается частоты несущего колебания, могут меняться непрерывно или ступенчато. При этом исходят из того, что для демодуляции F2-сигнала необходимо только определенное число периодов
20 колебаний несущей волны. Поскольку в развертках число колебаний в единицу времени непрерывно изменяется, существенное увеличение скорости передачи данных может достигаться посредством того, что продолжительность такта модуляции уменьшается до минимально необходимого значения, т.е. согласуется с текущим значением частоты изменяемого по частоте несущего колебания.

25 Дальнейшая возможность для увеличения скорости передачи данных состоит, кроме того, в применении более сложных способов модуляции для кодирования информации. Фиг.6 иллюстрирует вариант применения многократной модуляции при формировании F2-сигнала на примере одного из известных способов 4-позиционного фазового кодирования со сдвигом информационного сигнала с последующей модуляцией изменяющейся по
30 частоте несущей; здесь представлен только передаваемый сигнал. Лишняя боковая полоса отфильтрована. При таком представлении информационный сигнал имеет собственную несущую частоту, которая затем модулирует или модулируется изменяющимся по частоте сигналом; результат в обоих случаях один и тот же. В предлагаемом способе, однако, как уже было указано выше, предпочтительно использовать изменяемый по частоте
35 сигнал в качестве несущего колебания для всего сигнала. В этом отношении необходимо, однако, еще раз указать на то, что формирование F2-сигналов не предполагает в обязательном порядке то, что информационный сигнал обладает собственной несущей частотой. Вполне возможным является вариант прямой модуляции изменяемой по частоте несущей информационным сигналом. По этой причине, фиг.6е, 6с до 6е можно опустить из
40 рассмотрения.

Фиг.7 показывает пример многократного (одновременного) использования полосы частот F2-сигналами, имеющими различную конфигурацию. Обе жирные линии представляют собой развертки, принадлежащие одному сигналу, которые передаются через интервал
времени t_w . Развертки, принадлежащие другим сигналам, имеют интервалы
45 смещения t_s (временные слоты).

В соответствии с изобретением развертки F2-сигналов могут конфигурироваться по определенному протоколу, согласованному для использования, как приемником, так и передатчиком. В общем, в протоколе определяется то, что представляет собой развертка (частотно-временная функция) и то, как она распределяется по полосам частот.
50 Протоколы могут быть разными для каждой пары пользователей, в особенности, с целью снижения опасности влияния сигналов друг на друга, расположенных в одной и той же полосе частот. В случае, если множество параллельно используемых F2-сигналов имеют одинаковую конфигурацию, протокол передачи данных может служить, например, для того,

чтобы посредством введения или задания временных окон или смещений (временных слотов) достигалось их благоприятное размещение (см. пример на фиг.7).

Может также предусматриваться вариант, в котором протокол меняет свое содержание во время передачи данных по согласованному плану или в соответствии с передаваемым

5 кодированием сигнала (передача команды "переход от протокола 1 к протоколу 10" и т.п.).

Следующая возможность исключения случайных наложений нескольких F2-сигналов состоит во введении неодинаковых интервалов между развертками. Фиг.8 представляет пример псевдослучайного расположения разверток в одной и той же полосе частот (случайное смешивание во времени). Штриховые линии показывают ожидаемое

10 расположение соответствующих разверток в случае их равномерного распределения во времени. Введение псевдослучайных интервалов имеет то преимущество, что даже без задания специальных временных окон (временных слотов), т.е. при случайном смешивании сигналов во времени в многопользовательском режиме доступа, практически исключается

15 полное наложение двух или большего числа сигналов, принадлежащих разным пользователям. Наложение отдельных разверток компенсируется посредством соответствующих алгоритмов коррекции.

Фиг.9 представляет пример протокола передачи, при котором фрагменты развертки несущей одного информационного сигнала распределяются на две различные, преимущественно соседние, полосы частот Δf_a и Δf_b . Происходит попеременное

20 переключение двух различных каналов или полос без изменения характерного частотного градиента.

Демодуляция на стороне приема

В соответствии с изобретением демодуляция развертки несущей на стороне приема происходит по тому же принципу, который описан в PCT/DE99/02628 (WO 0011817). Ниже

25 рассматривается только преобразование информационного сигнала в полосу постоянных частот, например посредством смешивания или перемножения со вспомогательной частотой (разверткой гетеродинной частоты). Дополнительные известные мероприятия предназначены для улучшения отношения сигнал/шум и полосовой фильтрации.

Фиг.10 в верхней части схематично представляет результат приема сигналов в одной

30 полосе частот, что часто применяется для осуществления одновременного многопользовательского доступа к каналу. При этом F2-сигнал, предназначенный для определенного приемника, обозначается жирной линией, и временное окно, где в это время находится анализируемый сигнал, обозначен вертикальными штриховыми линиями. Линии в тонах серого цвета относятся к чужим F2-сигналам. Со стороны приемника

35 формируется вспомогательное колебание (вспомогательный изменяющийся по частоте сигнал или гетеродинный сигнал), который в том же временном окне t_{sweep} имеет такой же частотный градиент Δf_{het} , что и соответствующая анализируемая развертка несущей, отличающийся, однако, значением начальной частоты, например, как показано в нижней части фиг.10.

40 Затем производится смешивание или перемножение принимаемого изменяющегося по частоте сигнала с вспомогательным гетеродинным сигналом. Результат проиллюстрирован на фиг.11, имеющем в верхней части подобную исходную конфигурацию, как и на фиг.10. С помощью отображения анализируемой развертки на вспомогательный гетеродинный сигнал посредством смесителя или перемножителя несущие сигналы всех расположенных

45 в этом временном окне разверток преобразуются постоянные частоты, которые теперь отличаются лишь по высоте постоянной частоты (нижняя часть на фиг.11). Из этого спектра, например, с помощью полосового фильтра фильтруются необходимые составляющие, в данном случае преобразованный по частоте изменяющийся по частоте сигнал. При этом отфильтровываются и появляющиеся при преобразовании сигнала

50 боковые полосы частот (здесь не показаны). Преобразованный таким образом и "очищенный" изменяющийся по частоте сигнал может затем обрабатываться как обычный сигнал с постоянной несущей частотой путем привлечения известных в практике обработки сигналов способов выделения информационных параметров, таких как фазовый угол,

амплитуда или, как в случае частотной модуляции, еще оставшейся после преобразования сигнала, закон изменения частоты или характер изменения фазы. Существенным преимуществом F2-технологии является возможность получения полной совместимости с другими известными способами обработки сигнала просто посредством выполнения одного

5 промежуточного этапа преобразования частоты.

Кроме того, F2-способ содержит также возможность анализа доплеровских смещений, например, на основе вычисления отклонений в значениях преобразованной несущей частоты от ожидаемого значения, например, для оценки скорости изменения расстояния между приемником и передатчиком или для принятия в расчеты другим путем полученных

10 доплеровских смещений при формировании вспомогательного изменяющегося по частоте сигнала с целью повышения качества и стабильности связи. Такой вариант исполнения имеет преимущества в особенности для связи между быстро движущимися объектами. Также и здесь необходимо указать на возможность получения данных о среде передачи из анализа принимаемых сигналов.

Следующее преимущество изобретения состоит в том, что в результате описанного преобразования принимаемого сигнала посредством вспомогательных сигналов, в случае многолучевого распространения представляется возможным выделить и анализ из

20 множества многолучевых составляющих одной или нескольких подходящих, например, наиболее мощной многолучевой составляющей, например, с применением соответственно узкополосных фильтров или соответствующего БПФ-анализа. На фиг.12 и 13 (по аналогии с фиг.10 и 11) дается детальное представление, на основе которого объясняются возможности способа, дающего совершенно новое качество передачи данных специально в неоднородных и структурированных средах.

В общем случае предусматривается выделение из спектра преобразованного сигнала

25 отдельных, наиболее подходящих для обработки спектральных линий (откликов канала), например, наиболее сильных, - содержащихся в спектре по причине многолучевого распространения - и их оценка, предпочтительно с помощью фильтрующих устройств или на базе простого или комплексного БПФ-анализа.

В случае многолучевого распространения непрерывное изменение частоты вызывает

30 тот эффект, что отдельные многолучевые составляющие приходят в приемник как смещенные во времени параллельные изменяющиеся по частоте сигналы. Кроме различий во времени распространения, степень параллельного смещения в частотно-временной плоскости определяется также частотным градиентом разверток. Частотные градиенты обуславливают тот эффект, что смещения во времени, т.е. различия во времени

35 распространения различных откликов канала, исключают интерференцию многолучевых составляющих и по причине различных значений их частот могут быть разделены с помощью сигнально-технических средств и их взаимное влияние ослабляется. Чем круче развертка, т.е. чем больше частотный градиент в пределах заданного фрагмента сигнала, тем в более широком спектре осуществляется декодирование многолучевых

40 составляющих.

Это позволяет оптимально настраивать способ на различные условия связи, причем, например, при передаче данных по радиоканалу внутри зданий, городской черте или за городом применяются ситуативно-зависимые различные частотные градиенты, т.е. применяются развертки несущих с разными наклонами.

Фиг.12 представляет последовательность многолучевых откликов (отмеченных как R1-R5), которые приходят с различными временными задержками (обозначены в общем как t_{crd} для задержки каналом распространения) в виде параллельных разверток. Вследствие этого расширяется временное окно на приеме различных копий одного и того же изменяющегося по частоте сигнала на величину t_{sd} (задержка времени

50 распространения). Фиг.13а схематично показывает, что в результате преобразования частоты соответствующие различия во времени распространения представляются различающимися спектральными линиями в спектре. Здесь вступает в силу тот эффект, уже поясненный на основании фиг.4, что посредством преобразования сигнала энергия, в

исходном виде распределенная в диапазоне частот ΔF , концентрируется в одну частотную ячейку (фиг.13b), при этом достигается существенное улучшение отношения сигнал/шум и, вместе с этим, смягчается влияние случайных составляющих шума.

Несмотря на заметное улучшение, преобразованные многолучевые составляющие, в зависимости от их предыстории в процессе передачи, могут, однако, иметь различную мощность, как это уже было показано на примере фиг.13b. Первым технически просто реализуемым критерием выбора представляется определение частоты, имеющей наибольшую амплитуду, с ее последующей фильтрацией, например, посредством управляемых, достаточно узкополосных фильтров. Соответствующая настройка фильтра может осуществляться, например, в аналоговом виде, как это описано в РСТ/DE99/02628 (WO 0011817). Таким же образом, размещение желательных составляющих в заданной полосе фильтра возможно посредством изменения начального значения вспомогательной частоты. С помощью одного из таких мероприятий может обеспечиваться в каждом случае наилучшее отношение сигнал/шум. С другой стороны, например, при применении фазового кодирования может оказаться полезным вариант выделения из спектра постоянных промежуточных частот одной предпочтительной, по возможности, отдельно расположенной многолучевой составляющей, поскольку на ее значение фазы соседние составляющие спектра оказывают еще меньшее влияние.

В этой связи следует отметить, в особенности то, что посредством использования достаточно больших частотных градиентов для развертки несущей сигнала могут отделяться друг от друга в том числе и те многолучевые составляющие, разница во времени распространения которых ведет к разности по фазе на π , однако их взаимная компенсация вследствие интерференции может быть исключена с высокой надежностью.

Определение спектра отдельных частот, содержащихся в преобразованном сигнале в соответствии с фиг.13b, позволяет дополнительно улучшить отношение сигнал/шум. Все отдельные частоты несут одну и ту же полезную информацию вместе с различными шумовыми составляющими, соответствующими различным геометрическим соотношениям для каналов передачи. Тем самым возникает полезная избыточность. В каждом случае две или большее число составляющих (откликов канала) выделяются и по отдельности анализируются. Затем результаты анализа сравниваются или обрабатываются совместно, например, посредством образования усредненного значения соответствующего параметра сигнала, при необходимости взвешивая эти результаты в соответствии с мощностью составляющих. Это означает, что естественная избыточность, обусловленная многолучевым распространением, т.е. появление множества копий сигнала (откликов канала) от одного и того же информационного сигнала, что является главной проблемой при передаче данных, может быть использована с пользой для улучшения качества результатов обработки принимаемого сигнала. Несмотря на вышеописанное улучшение отношения сигнал/шум и частичное выравнивание шумовой составляющей по известной полосе частот, под влиянием шума может все еще иметь место случайное рассеяние фазы, особенно при использовании коротких тактов времени. В технике обработки сигнала для такого случая, обычно, используются более длительные такты модуляции для обеспечения усреднения во времени. В F2-технологии, однако, может дополнительно использоваться естественным образом обусловленный параллельный набор многолучевых составляющих (эхо-сигналов), при этом параметр сигнала, несущий информацию, оценивается в процессе одновременной параллельной обработки множества таких составляющих, результаты обработки которых затем используются соответствующим образом совместно.

Различные возможности достижения синхронизации при совместной обработке составляющих специальными методами и затем объединения энергии этих составляющих на одной частоте для получения соответственно усиленного сигнала и последующей его оценки описаны выше.

На фиг.23-28 представляют способ обработки сигнала "вслепую". Представлен пример соответствующего изобретению способа обработки, при котором принимаемый сигнал, схематично представленный в форме двух многолучевых составляющих, сдвинутых на

время τ , во-первых, перемножается с первой вспомогательной гетеродинной частотой, лежащей в полосе более высоких частот, и во-вторых, перемножается с другой гетеродинной частотой, которая имеет ту же частотную характеристику, что и первая, однако по сравнению с ней лежит в более низкой полосе частот. Фиг.23 показывает, что обе вспомогательные частоты формируются синхронно, однако они необязательно должны синхронизироваться с принимаемым сигналом. Длительность развертки T_{sw} является, однако, во всех случаях одинаковой. Стрелки, обозначенные как $\Delta\omega$ с соответствующими индексами, представляют мгновенные соотношения между частотами, которые образуются по причине случайного временного сдвига между многолучевыми составляющими принимаемого сигнала и вспомогательными изменяющимися по частоте сигналами.

Фиг.24 и 25 представляют соответствующие фрагменты в деталях. Фиг.24 дает детальное представление отображения на верхнюю вспомогательную частоту и фиг.25 дает детальное представление отображения на нижнюю вспомогательную частоту. В этом отношении, при необходимости, могут проводиться фазовые преобразования одного или обоих спектров. Фиг.26a и 26b схематично представляет оба спектра, которые получаются после перемножения с соответствующими вспомогательными частотами. В этих спектрах отдельные спектральные составляющие представлены зеркально по отношению к центральной частоте соответствующего спектра (здесь означены в обоих случаях как $\Delta\omega$). В случае если центральные частоты вспомогательных сигналов с изменяющейся частотой (гетеродинные частоты) не симметричны по отношению к принимаемому сигналу, центральные частоты обоих спектров также могут отличаться. Важными являются лишь зеркально-симметричные соотношения внутри этих спектров. В правой части графиков схематично представлены фильтрующие функции, с помощью которых корректируются временные сдвиги спектральных составляющих. На этом этапе обработки может, при необходимости, дополнительно использоваться коррекция индивидуальных частотных и фазовых искажений для обеспечения тонкой синхронизации элементов в обоих спектрах. На фиг.27a и 27b схематично представлено по аналогии с фиг.26a и 26b положение частотных составляющих после сдвига по оси времени. Если представленные на фиг.27a и 27b спектры перемножить, то синхронизированные перед этим элементы будут объединены в форме непрерывной волны, имеющей частоту $2\Delta\omega$, причем энергия сигнала сконцентрируется в соответствующем частотном окне. Фиг.28 схематично показывает результат такой операции. Новое значение центральной частоты (показано жирной линией) может теперь отфильтровываться и оцениваться.

Передающее и приемное устройства

Фиг.14 представляет соответствующее изобретению передающее устройство 10, имеющее в своем составе генератор 11 для генерирования градиентного несущего колебания, модулятор 12 для модуляции несущего колебания, а также смеситель 13. Генератор 11 предназначен для выработки градиентных несущих колебаний или разверток несущей согласно вышеописанным принципам, и может дополнительно использовать известные в технике управляемые формирователи сигналов. Модулятор 12 предназначен для кодирования передаваемой информации. Модуляция производится в соответствии с одним из способов, известных в технике кодирования информации. Смеситель 13 представляет собой модуль для смешивания несущей и информационной составляющей (смеситель, перемножитель и т.п.). Такой смеситель имеет выход 14, связанный, при необходимости, через фильтр 15 или непосредственно через передатчик с физическим каналом передачи. Фильтр 15 выполняется предпочтительно в форме полосового фильтра (ПФ) и может включаться между выходом 14 и передающей антенной или передающим преобразователем (на чертеже не показаны). Фильтр 15 предназначен для устранения появляющихся боковых частот. В случае если они не создают помеху, устройство может подсоединяться напрямую к выходу.

В этой системе передачи передаваемая информация (символ) преобразуется в модуляторе 12 и затем в смесителе 13 переносится на несущее градиентное колебание, создаваемое генератором 11, подсоединенным к смесителю. Переключатель 16 и

полосовой фильтр, обозначенный штриховой линией, показывают, что фильтр 15 может дополнительно включаться в цепь последовательно со смесителем.

Фиг.14b представляет одну из форм выполнения соответствующего изобретению приемного устройства 20, имеющего генератор 21 для выработки вспомогательной частоты, предпочтительно градиентного колебания или сигнала с изменяющейся частотой, устройство 22 отображения для наложения принимаемого сигнала, поступающего от приемной антенны или приемного преобразователя (не представлен), на такие градиентные колебания или сигналы с изменяющейся частотой, устройство 23 для разделения составляющих сигнала и демодулятор 24. Схемы 21-24 образуют устройство для приема сигналов с изменяющимися несущими частотами.

Генератор 21 может дополнительно использовать известные в технике обработки сигналов управляемые формирователи сигналов. Устройство 22 отображения содержит смеситель, перемножитель и т.п. Устройство 23 для разделения составляющих сигнала содержит по меньшей мере один модуль для разделения сигнальных составляющих, например полосовой фильтр, управляемое устройство фильтрации или БПФ-фильтр. Демодулятор 24 предназначен для анализа/демодуляции сигнала и выдает на выходе переданную информацию в виде символа. При применении комплексного БПФ-модуля в качестве устройства анализа устройство для разделения составляющих сигнала и устройство демодуляции могут быть реализованы в виде совмещенной схемы.

Фиг.15 фрагментарно представляет выполнение приемного устройства, которое осуществляет целенаправленную обработку одной многолучевой составляющей.

Следующие варианты выполнения приемного и передающего устройств обладают преимуществами, в особенности в многопользовательском режиме доступа. Фиг.16 и 17 представляют примеры, в которых предусмотрено множество параллельных каналов для формирования и обработки сигналов, причем соответствующие модуляторы и генераторы включаются преимущественно параллельно и объединяются друг с другом посредством центрального управляющего модуля (не представлен), который управляет формой, положением по высоте и временным порядком следования разверток несущей частоты и/или их модуляцией (предпочтительно в соответствии с протоколом передачи).

Соответственно, приемное устройство может также иметь в своем составе модуль управления, который в свою очередь управляет процессом обработки сигнала. При необходимости множество схем, указанных на фиг.14а, 14b и 15, включаются параллельно и объединяются посредством общего модуля управления и дополняются другими элементами схемы.

На фиг.18 представлена блок-схема приемного устройства для комбинированной оценки многолучевых составляющих, причем блоком τ обозначена группа элементов коррекции искажений или сдвигов, например временных сдвигов. В качестве дальнейшего развития варианта, представленного на фиг.18, на фиг.19 представлена блок-схема фрагмента приемного устройства, предназначенного для комбинированной оценки множества многолучевых составляющих с индивидуальной коррекцией фазы.

Фиг.20 представляет блок-схему канала обработки приемного устройства, дополненного нелинейным фильтром для коррекции одной многолучевой составляющей. С учетом фиг.20, фиг.21 представляет вариант выполнения, обеспечивающий комбинированную обработку многолучевых составляющих и имеющий в своем составе элементы схемы для индивидуальной точной коррекции.

Фиг.22 представляет пример центральной части приемного устройства для проведения вышеуказанной обработки сигнала "вслепую". Фиг.29-31 представляют другие варианты выполнения соответствующих изобретению приемных устройств, предназначенных для реализации совместно с вышеуказанным ПШ-способом и с учетом доплеровского сдвига.

Применение

Применение изобретения не ограничивается определенным информационным содержанием, способами кодирования, способами передачи и средой передачи. Например, существует возможность применения способа для акустической передачи информации,

например посредством акустических волн по воздуху (управление электронными устройствами, акустическая мышь, клавиатура и т.п.) или через другие газообразные, жидкие или твердые среды, например под водой, сквозь твердотельные объекты или по специальным волноводам. В качестве других применений можно указать радиосвязь,

5 передачу данных посредством лазерных лучей, по электрическому или оптическому кабелю, дистанционное управление (телевизором, клавиатурой) или управление под водой, а также совместное или отдельное использование для передачи информации и/или для определения параметров окружающей среды.

Признаки изобретения, приведенные в описании, на чертежах и в пунктах формулы
10 изобретения могут использоваться как отдельно, так и в любой комбинации для реализации изобретения в его многочисленных формах выполнения.

Формула изобретения

1. Способ передачи и приема информации посредством волн, включающий этапы:
15 согласования частотной характеристики разверток несущих в отношении положения частот, наклона и/или формы изменения несущей частоты от развертки к развертке переменным образом в соответствии с условиями канала передачи или режимом доступа к каналу передачи, наложения информационного сигнала на несущую волну, частота которой непрерывно и плавно изменяется на заданном интервале времени для формирования
20 последовательности, состоящей, по меньшей мере, из двух разверток несущей, причем каждая развертка несущей несет одну или большее число единиц информации или битов, передачи сформированного сигнала, не содержащего в своем составе опорной составляющей, фильтрации принимаемого сигнала или очистки принимаемого сигнала от помех в частотной области для разделения многолучевых составляющих и оценки
25 полученного сигнала в отношении параметров, несущих информацию.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что информационный сигнал представляет собой волну, модулированную аналоговым способом или цифровым изменением значений отдельных параметров сигнала или комбинации параметров в виде фазовой модуляции и/или амплитудной модуляции, и/или частотной модуляции, независимой от частотной
30 характеристики несущей волны.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что развертки несущих разделены во времени, причем расстояния между развертками несущих являются одинаковыми или изменяющимися.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что в процессе передачи положение частот
35 разверток несущих изменяют посредством переключения в другие полосы частот.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что развертки несущих подразделяются соответственно на N временных тактов модуляции с конкретной модуляцией информационного сигнала, где N является положительным числом большим, чем 1.

40 6. Способ по п.5, отличающийся тем, что длительность тактов модуляции изменяют в зависимости от частоты несущей волны непрерывно или дискретно.

7. Способ по п.3, отличающийся тем, что информацию кодируют в форме относительного изменения параметров сигнала между двумя различными, в особенности между соседними временными интервалами или тактами.

45 8. Способ по п.3, отличающийся тем, что в заданной полосе частот передают множество модулированных разверток несущих, которые могут частично перекрываться во времени, причем эти развертки несущих принадлежат одному и тому же или различным информационным сигналам.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что несущую волну подразделяют на два или
50 большее число участков с различными частотными характеристиками, которые пересекаются во времени или передаются одновременно, причем, по меньшей мере, один из этих участков формируют в виде развертки несущей, передают упомянутый, по меньшей мере, один из участков в комбинации с участком с постоянной несущей частотой и/или с

одним или большим числом разверток несущих, имеющих другой, преимущественно противоположный, частотный градиент и/или другую форму развертки, причем множество участков кодируют один символ или переносят одну и ту же информацию, и/или, по меньшей мере, один из этих участков может использоваться в качестве опорного сигнала, причем предпочтительно в этой части выполняют единообразную модуляцию или вообще исключают всякого рода модуляцию в смысле передачи информации.

10. Способ по п.8, отличающийся тем, что в заданной полосе частот одновременно передают две или большее число модулированных разверток несущих с различной временной и/или частотной характеристикой, а также одновременно с одной или большим числом несущих волн постоянной частоты, которые принадлежат различным информационным сигналам.

11. Способ по п.8, отличающийся тем, что исходная конфигурация разверток несущих или несущих волн или их упорядочение в одной или большем числе полос частот устанавливают в форме протокола передачи, который может актуализироваться в процессе передачи информации между приемником и передатчиком определенным согласованным образом или в зависимости от передаваемой информации.

12. Способ по п.8, отличающийся тем, что информационный сигнал, и/или несущую волну, и/или передаваемый сигнал целиком перемножают для передачи с заранее определенной или согласованной в протоколе передачи псевдошумовой (ПШ) последовательностью.

13. Способ по п.8, отличающийся тем, что волны формируют в виде звуковых колебаний или в виде электромагнитных колебаний.

14. Способ по п.8, отличающийся тем, что составляющие, принадлежащие определенному информационному сигналу, выделяют из принимаемого сигнала в соответствии с временным и/или частотным шаблоном, задаваемым или согласованным в протоколе передачи.

15. Способ по п.12, отличающийся тем, что после приема на одном из этапов обработки выполняют перемножение сигнала с ПШ последовательностью.

16. Способ по п.13, отличающийся тем, что после приема сигнал преобразуют в другую частотную форму.

17. Способ по п.16, отличающийся тем, что после приема преобразование сигнала в другую частотную форму осуществляют посредством смешивания или перемножения принимаемого сигнала со сформированным гетеродинным сигналом, имеющим такой же закон изменения частоты, что и у несущей волны передаваемого сигнала, но, предпочтительно параллельно смещенным так, что частота несущей волны преобразованного сигнала является постоянной, либо частотные составляющие соответствующего спектра представляют собой постоянные частоты.

18. Способ по п.16, отличающийся тем, что после приема преобразование сигнала в другую частотную форму осуществляют посредством смешивания или перемножения принимаемого сигнала со сформированным гетеродинным сигналом, имеющим знак градиента частоты, противоположный знаку градиента частоты несущей волны передаваемого сигнала, так что частота несущей волны преобразованного сигнала является постоянной, либо частотные составляющие соответствующего спектра представляют собой постоянные частоты.

19. Способ по п.17 или 18, отличающийся тем, что определяют доплеровский сдвиг частоты принимаемого сигнала и учитывают его при формировании гетеродинного сигнала.

20. Способ по п.17 или 18, отличающийся тем, что из спектра отдельных частот, содержащихся в преобразованном сигнале, в особенности обусловленных многолучевым распространением, выделяют соответственно наиболее подходящие, в особенности наиболее мощные принимаемые частотные составляющие, и, при необходимости, подвергают дополнительной фильтрации во временной области, в особенности посредством адаптивного фильтра, например, эквалайзера, и/или адаптивного устройства для коррекции фазы, в особенности фазоследящей цепи.

21. Способ по п.17 или 18, отличающийся тем, что отдельные частоты обрабатывают посредством фильтров и/или на основе простого или комплексного анализа по процедуре быстрого преобразования Фурье (БПФ), и/или параметры сигнала, релевантные для информационного кодирования, определяют на основе разложения на синусное и косинусное опорное колебание, и/или посредством способа отсчетов.

22. Способ по п.17 или 18, отличающийся тем, что из спектра отдельных частот, содержащихся в преобразованном сигнале, выделяют две или большее число частотных составляющих, анализируют их по отдельности и результаты оценки сравнивают или пересчитывают, в особенности путем формирования усредненных по соответствующим параметрам сигнала значений, при необходимости с взвешиванием в соответствии с мощностями соответствующих составляющих.

23. Способ по п.17 или 18, отличающийся тем, что из спектра отдельных частот, содержащихся в преобразованном сигнале, выделяют две или большее число частотных составляющих, смещают одну относительно другой и преобразуют по частоте так, чтобы несущие волны были когерентными, после чего обрабатывают их совместно, в особенности путем наложения одной на другую и сложения, и оценивают, причем полученные или учитываемые параметры коррекции содержат информацию о пространственно-структурных и физических свойствах канала передачи, которая может подвергаться отдельному анализу.

24. Способ по п.16, отличающийся тем, что после приема сигнала осуществляют его обработку с автоматическим распознаванием сигнала, причем

A1) принимаемый сигнал на двух отдельных, например, параллельных, этапах перемножают со сформированным на приеме гетеродинным сигналом в соответствии с любым из пп.17 и 18, лежащим в более высокой полосе частот, и перемножают с другим гетеродинным сигналом, который в сравнении с первым гетеродинным сигналом имеет либо идентичный, либо противоположный по знаку частотный градиент, но лежит в более низкой полосе частот, так что возникают два спектра преобразованного сигнала, в которых частотные составляющие представлены зеркально в отношении центральной частоты каждого из спектров, или

A2) посредством перемножения лишь с одним сформированным в соответствии с любым из пп.17-18 гетеродинным сигналом, лежащим либо в более высокой, либо в более низкой полосе частот, формируют первый спектр преобразованного сигнала, из которого затем, посредством перемножения с постоянной более высокой или более низкой гетеродинной частотой, формируют второй спектр с внутренне зеркально расположенными частотными составляющими, причем

B) в обоих спектрах соответствующие спектральные составляющие синхронизируют с помощью частотно-зависимых функций времени, в особенности фильтров с нелинейными фазовыми характеристиками, с дополнительным выполнением, при необходимости, коррекции фазы для достижения когерентности, и

C) перемножают оба спектра друг с другом так, что отдельные компоненты преобразуют в непрерывную волну определенной частоты, объединяющую в себе основную часть энергии сигнала и имеющую возможность фильтрации в частотной области и анализа.

25. Способ по п.17 или 18, отличающийся тем, что посредством демодуляции на приемной стороне выполняют восстановление переданного сигнала или преобразованного переданного сигнала и полученный в результате сигнал обрабатывают совместно с принимаемым сигналом и/или с промежуточно обработанным принимаемым сигналом для получения информации об окружающей среде, в особенности для определения положения и параметров движения, для получения информации о пространственно-структурных и физических свойствах канала передачи, включая информацию о его профиле и имеющихся в нем неоднородностях, на основе изменений, введенных в сигнал в процессе его распространения в канале передачи.

26. Способ по п.13, отличающийся тем, что передатчик принимает отраженные от границ канала или содержащихся в нем неоднородностей копии или многолучевые составляющие

передаваемого сигнала и обрабатывает их совместно с исходным передаваемым сигналом для выделения информации об окружающей среде.

27. Способ по п.26, отличающийся тем, что информацию о соответствующих свойствах и других особенностях канала передачи учитывают при формировании сигнала и/или обработке сигнала.

28. Передающее устройство (10) для передачи волн, несущих информацию, в соответствии со способом по любому из пп.1-27, содержащее, по меньшей мере, один генератор (11) для формирования несущих волн, по меньшей мере, с одним непрерывным и плавным изменением частоты, представляющим собой развертку несущей, модулятор (12) для формирования или кодирования информационного сигнала, смешивающее устройство (13) для модуляции несущей волны информационным сигналом и соединенный с ним передающий преобразователь, а также, при необходимости, устройство фильтрации (15), включенное между смешивающим устройством и передающим преобразователем, выполненное в виде полосового фильтра.

29. Передающее устройство по п.28, отличающееся тем, что содержит управляющий модуль для управления формой, высотой, временной последовательностью разверток несущих и/или модуляцией информационного сигнала.

30. Передающее устройство по любому из пп.28-29, отличающееся тем, что содержит группу генераторов, модуляторов и/или смешивающих устройств, включенных параллельно, объединенных друг с другом посредством центрального модуля для управления формой, высотой и временной последовательностью разверток несущих, и дополнительно содержит линию задержки, включенную в цепь за указанной группой генераторов, модуляторов и/или смешивающих устройств, а также устройство наложения, выполненное в виде сумматора, включенное в цепь после указанной линии задержки.

31. Передающее устройство по п.30, отличающееся тем, что содержит дополнительное устройство модуляции развертки несущего сигнала псевдослучайной последовательностью, стоящее в цепи формирования развертки несущего сигнала.

32. Приемное устройство (20) для приема сигнальных волн, несущих информацию, передаваемых способом по любому из пп.1-27, содержащее соединенные принимающий преобразователь и генератор для формирования вспомогательного колебания, которое имеет такой же закон изменения частоты, как и несущее колебание передаваемого сигнала, однако параллельно сдвинуто по отношению к нему так, что частота несущего колебания преобразованного сигнала имеет постоянное значение, при этом после генератора последовательно включено устройство преобразования, выполненное в виде перемножителя для перемножения сформированного вспомогательного колебания с принимаемым сигналом, после которого включено устройство для разделения сигнальных составляющих в частотной области, за которыми следует демодулятор и/или устройство для анализа параметров.

33. Приемное устройство по п.32, отличающееся тем, что содержит два или большее число включенных параллельно каналов, каждый из которых состоит из устройства преобразования, следующего за ним устройства для разделения сигнальных составляющих, следующего за ним демодулятора и/или устройства анализа параметров, объединенных посредством центрального модуля управления, управляющего обработкой сигнала в соответствии с протоколом передачи.

34. Приемное устройство по п.32, отличающееся тем, что содержит работающее во временной области адаптивное устройство фильтрации, включенное между устройством для разделения сигнальных составляющих и демодулятором и/или устройством анализа параметров, и/или адаптивное устройство для коррекции фазы, включенное после устройства для разделения сигнальных составляющих.

35. Приемное устройство по п.32, отличающееся тем, что дополнительно содержит устройство для анализа частотных спектров, предназначенное для выполнения настроек, которое включено в цепь непосредственно после устройства преобразования.

36. Приемное устройство по п.32, отличающееся тем, что после устройства для

разделения сигнальных составляющих включено одно или большее число устройств дополнительной фильтрации во временной области, в особенности посредством адаптивных фильтров типа корректора и/или адаптивной коррекции фазы, за которыми следует смеситель и устройство фильтрации.

5 37. Приемное устройство по п.32, отличающееся тем, что в цепи устройства для разделения сигнальных составляющих содержит дополнительное устройство, состоящее, по меньшей мере, из одного генератора ПШ последовательности и соединенного с ним последовательно, по меньшей мере, одного перемножителя.

10 38. Приемное устройство по п.32, отличающееся тем, что содержит дополнительный модуль обработки для определения на основе принимаемых сигнальных составляющих параметров окружающей среды в результате сравнения принимаемого сигнала со сформированным в системе внутренним опорным сигналом.

15 39. Система для передачи информации, состоящая, по меньшей мере, из одного передающего устройства (10), выполненного в соответствии с любым из пп.28-31, и, по меньшей мере, из одного приемного устройства (20), выполненного в соответствии с любым из пп.32-38.

20

25

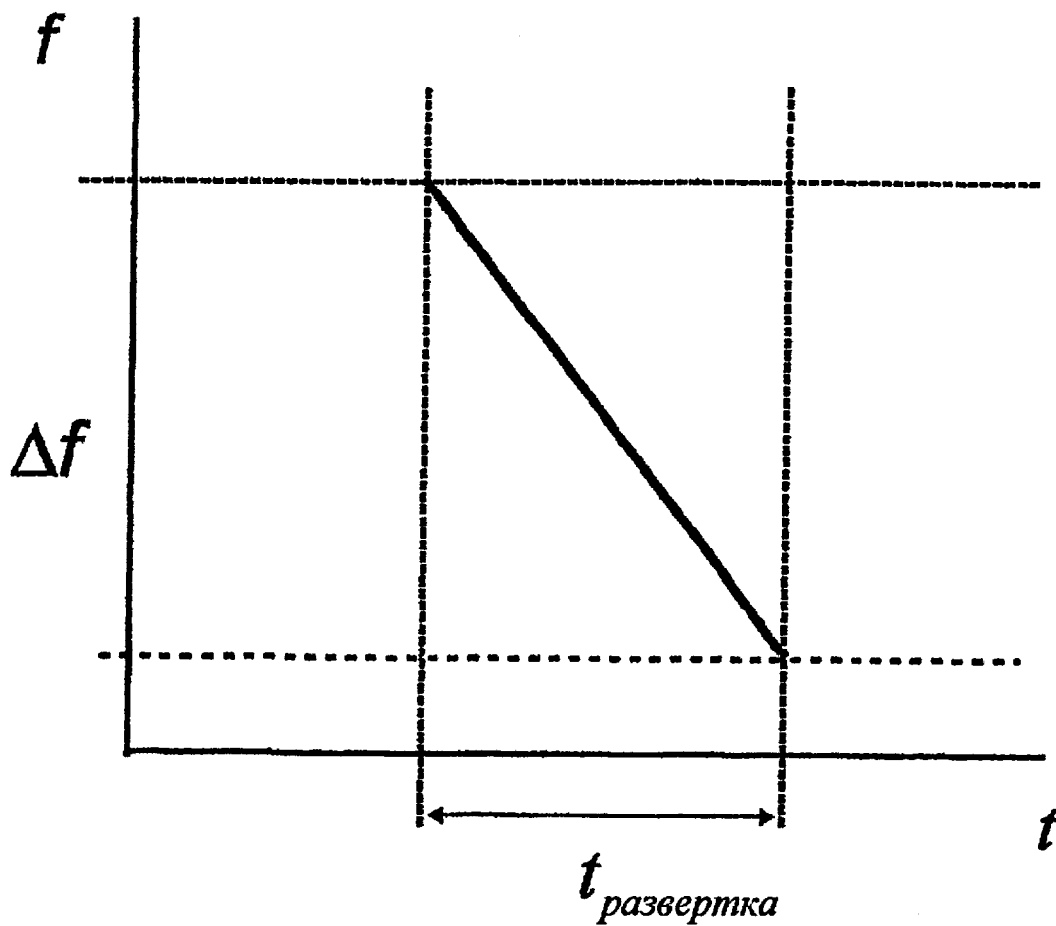
30

35

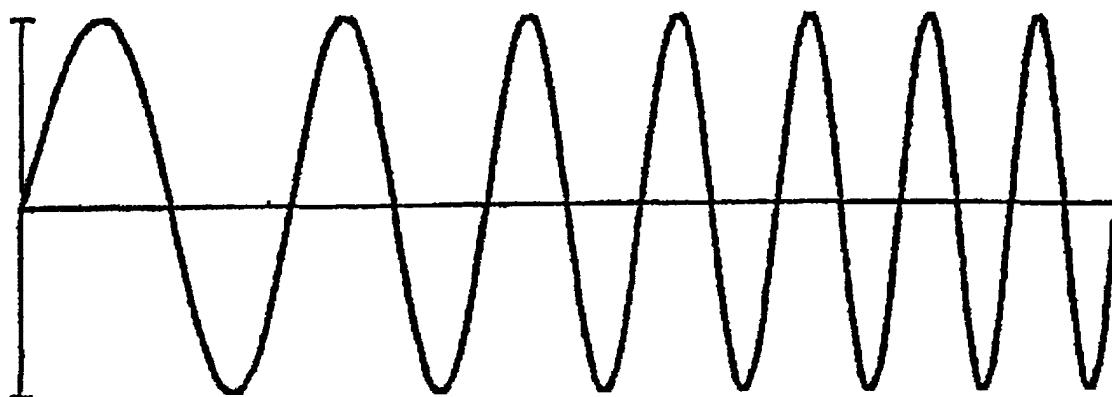
40

45

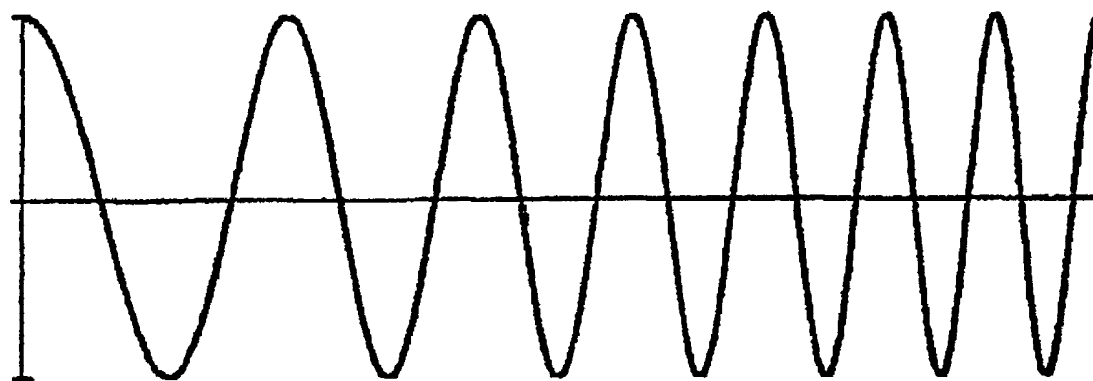
50



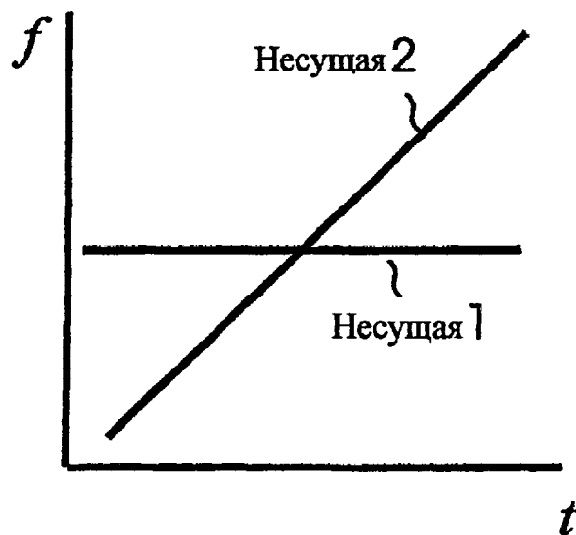
Фиг.1b



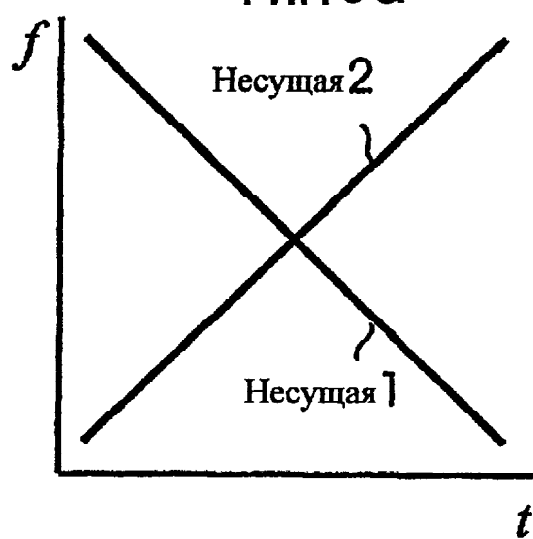
Фиг. 2a



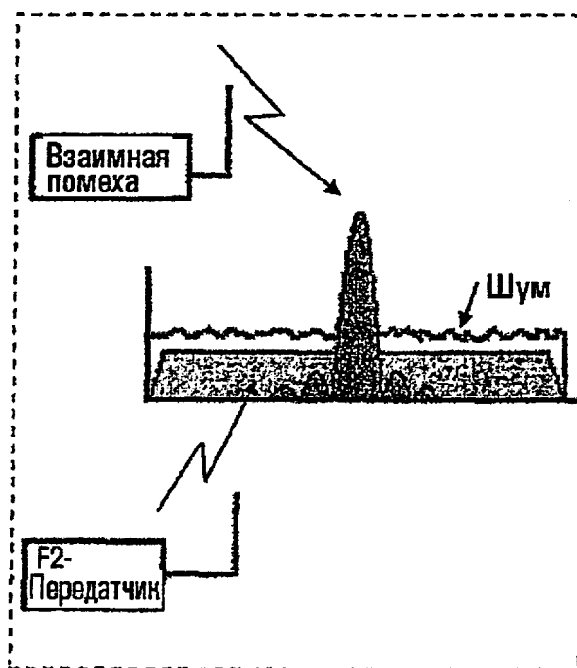
Фиг. 2b



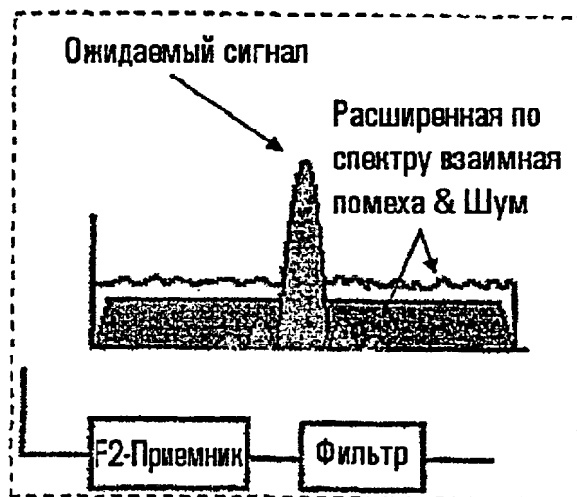
Фиг. 3а



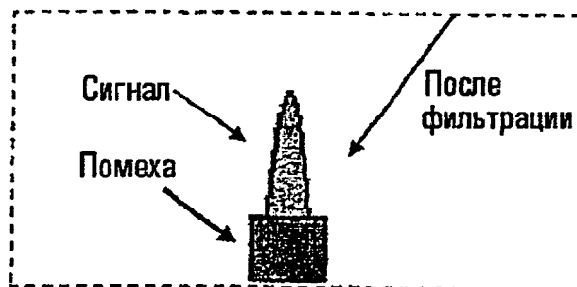
Фиг. 3б



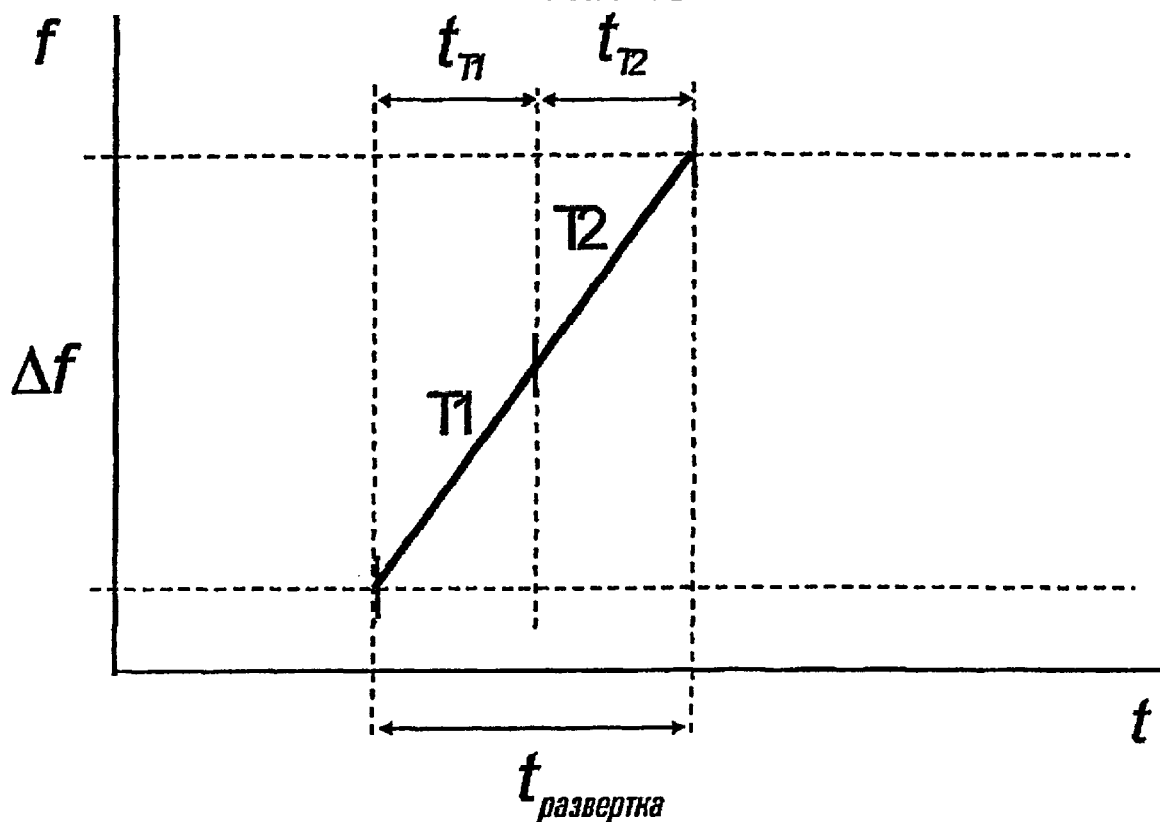
Фиг. 4а



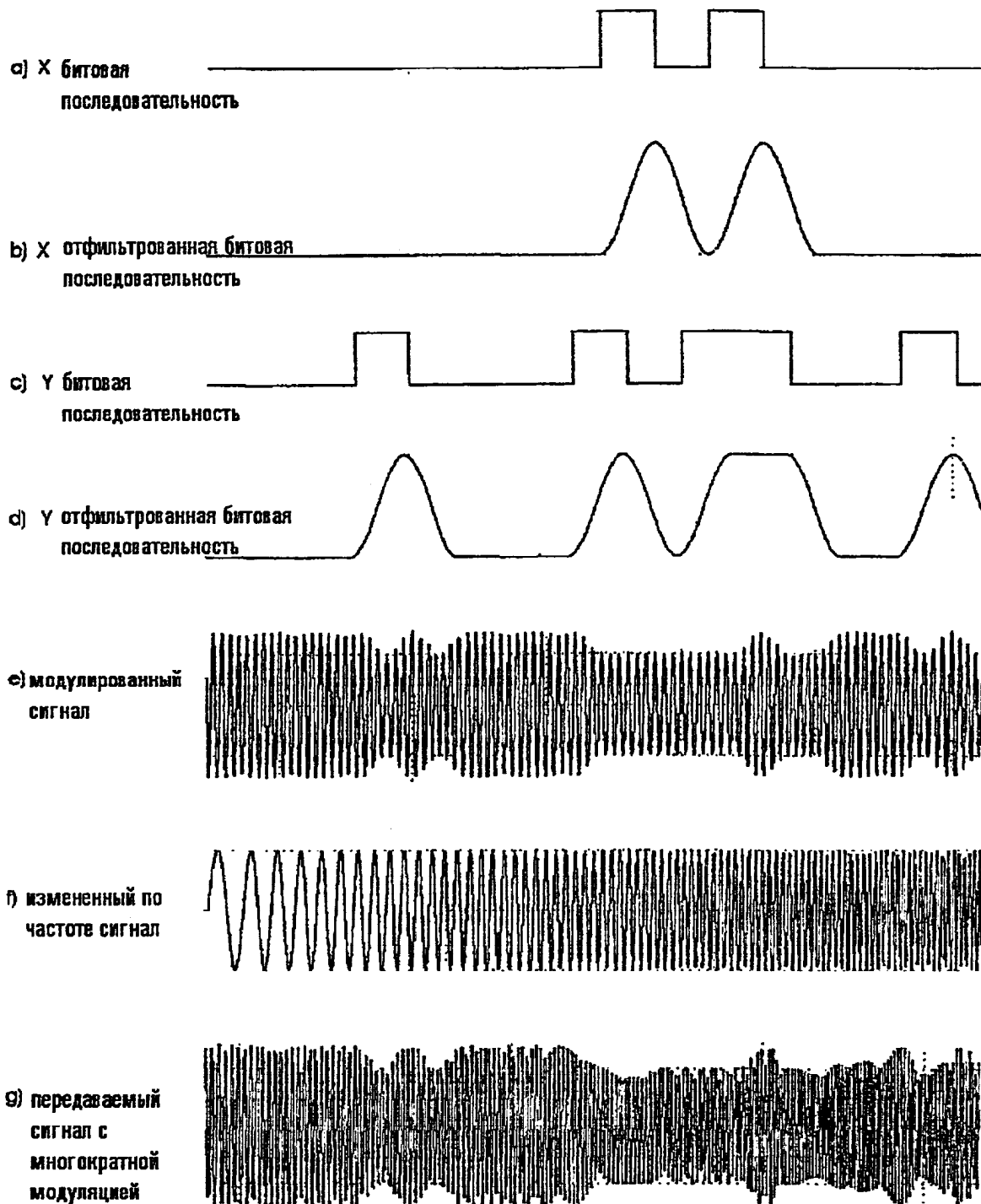
ФИГ. 4b



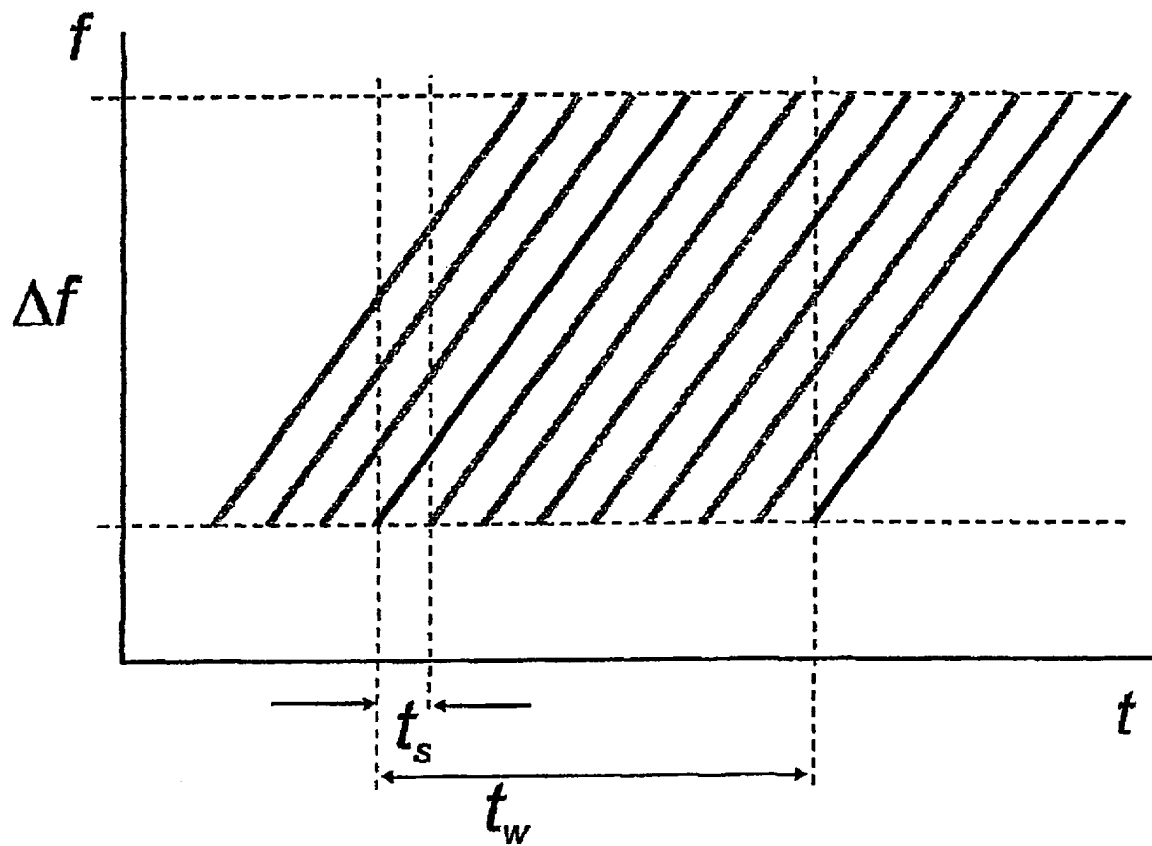
ФИГ. 4с



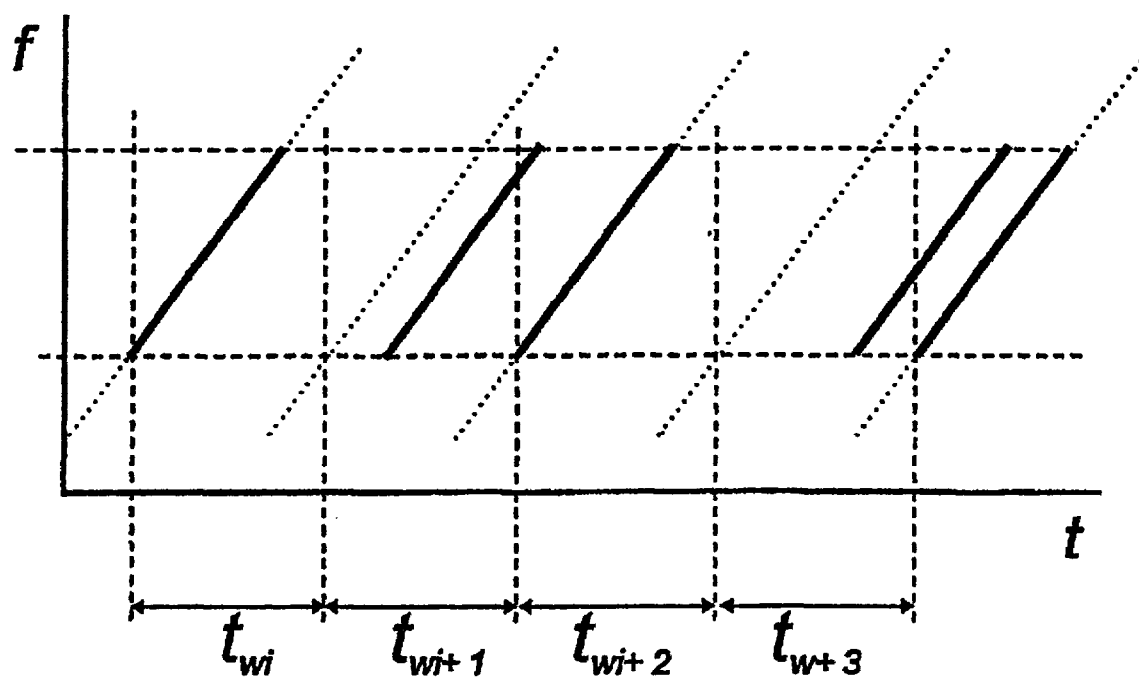
ФИГ. 5



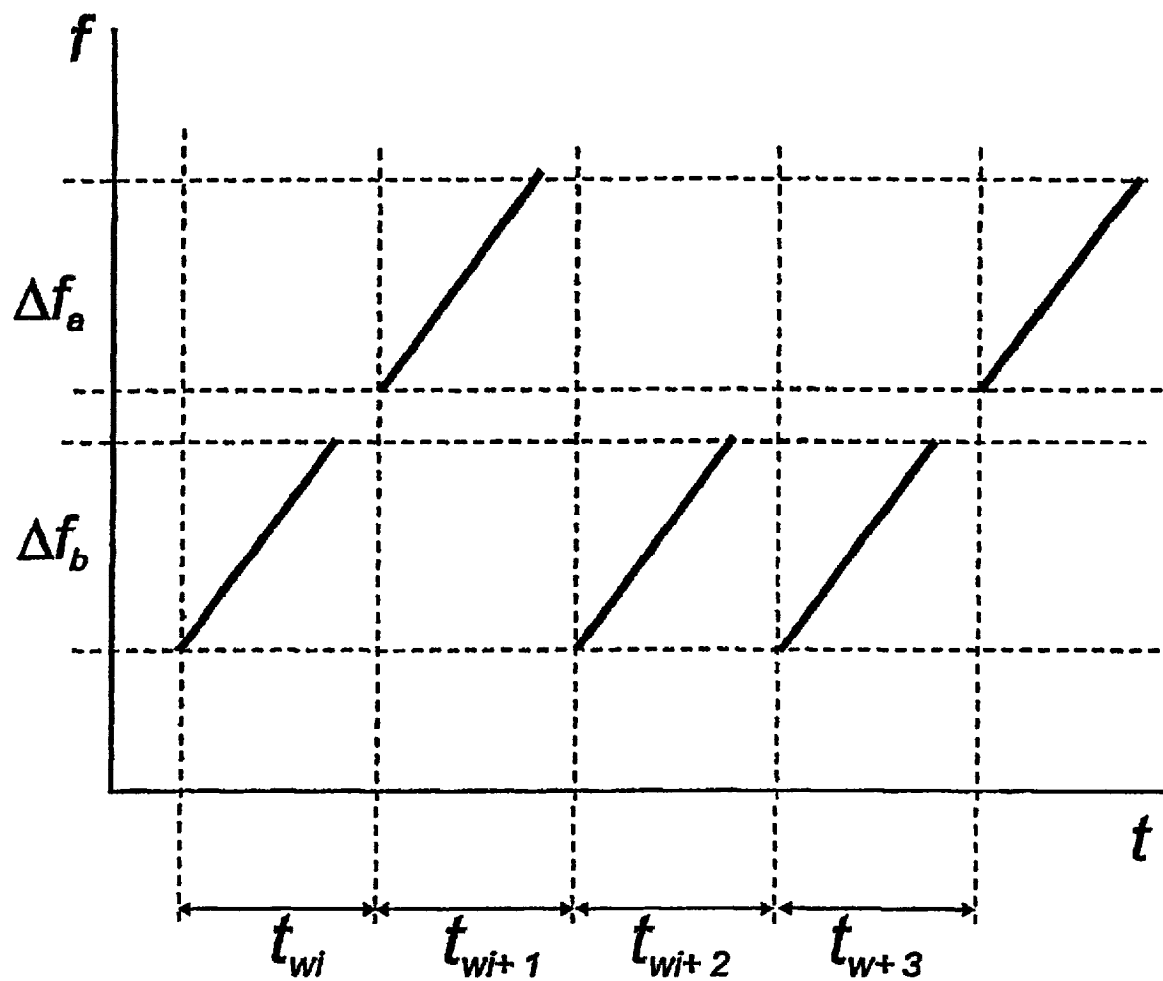
Фиг. 6



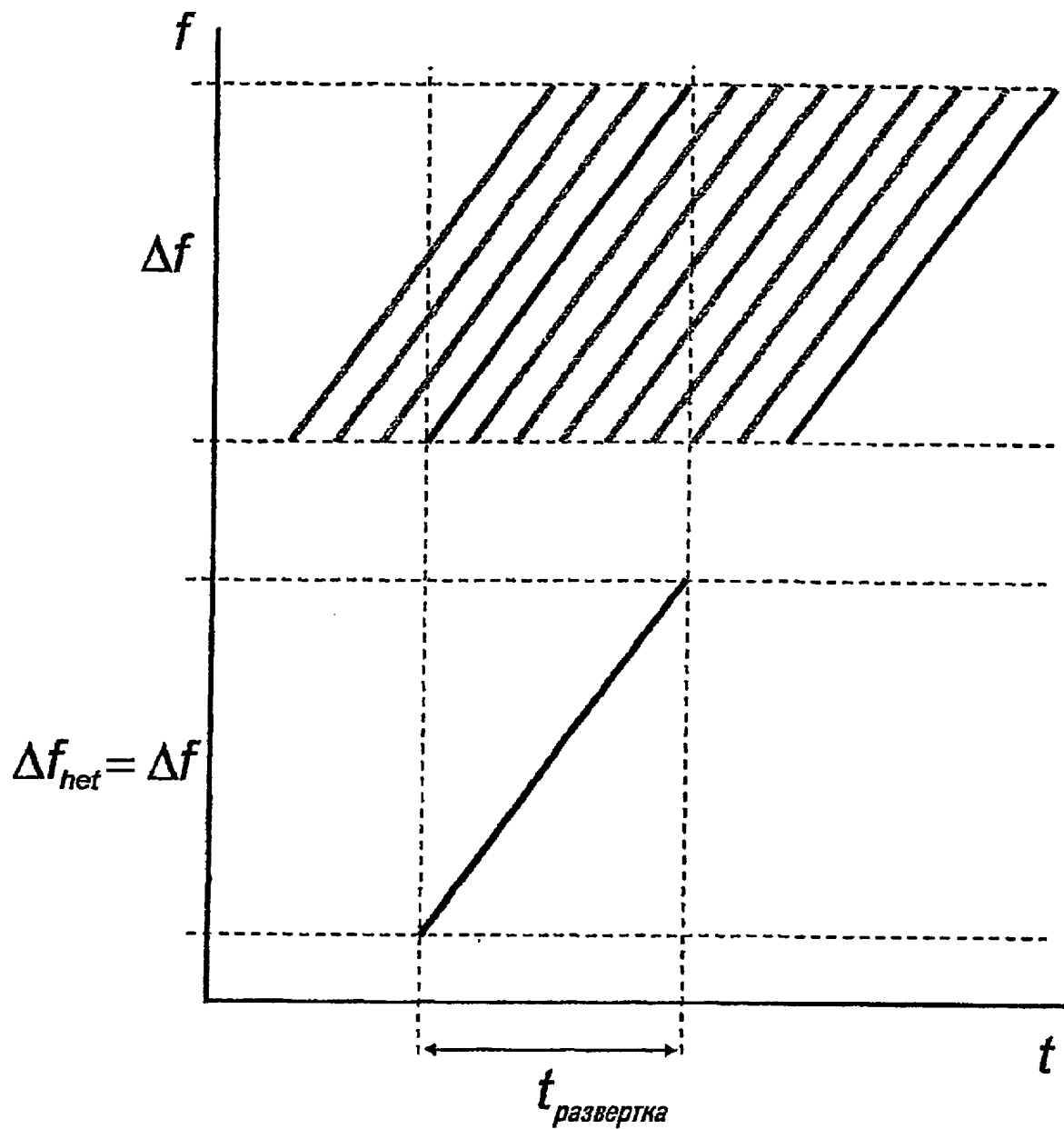
ФИГ. 7



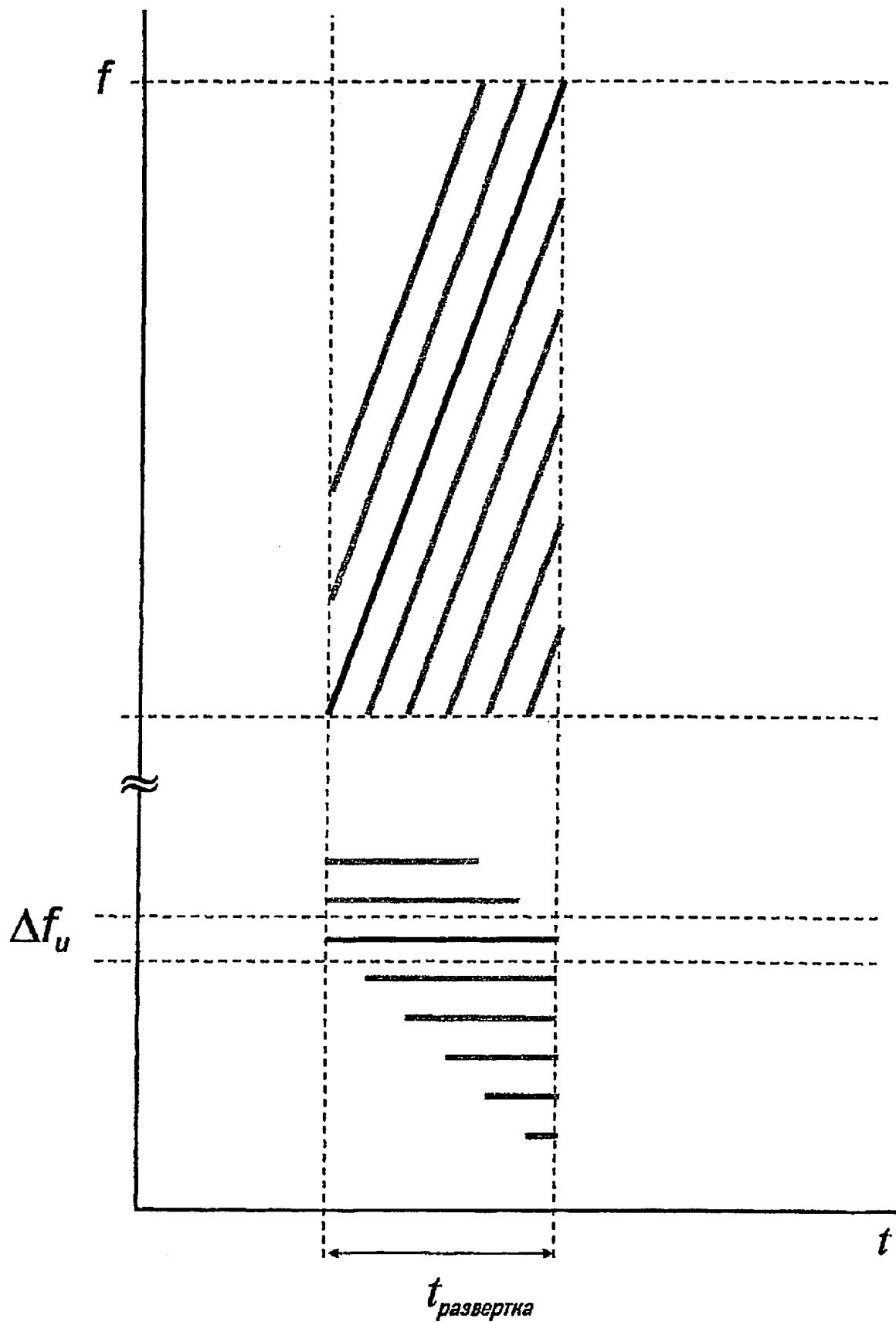
ФИГ. 8



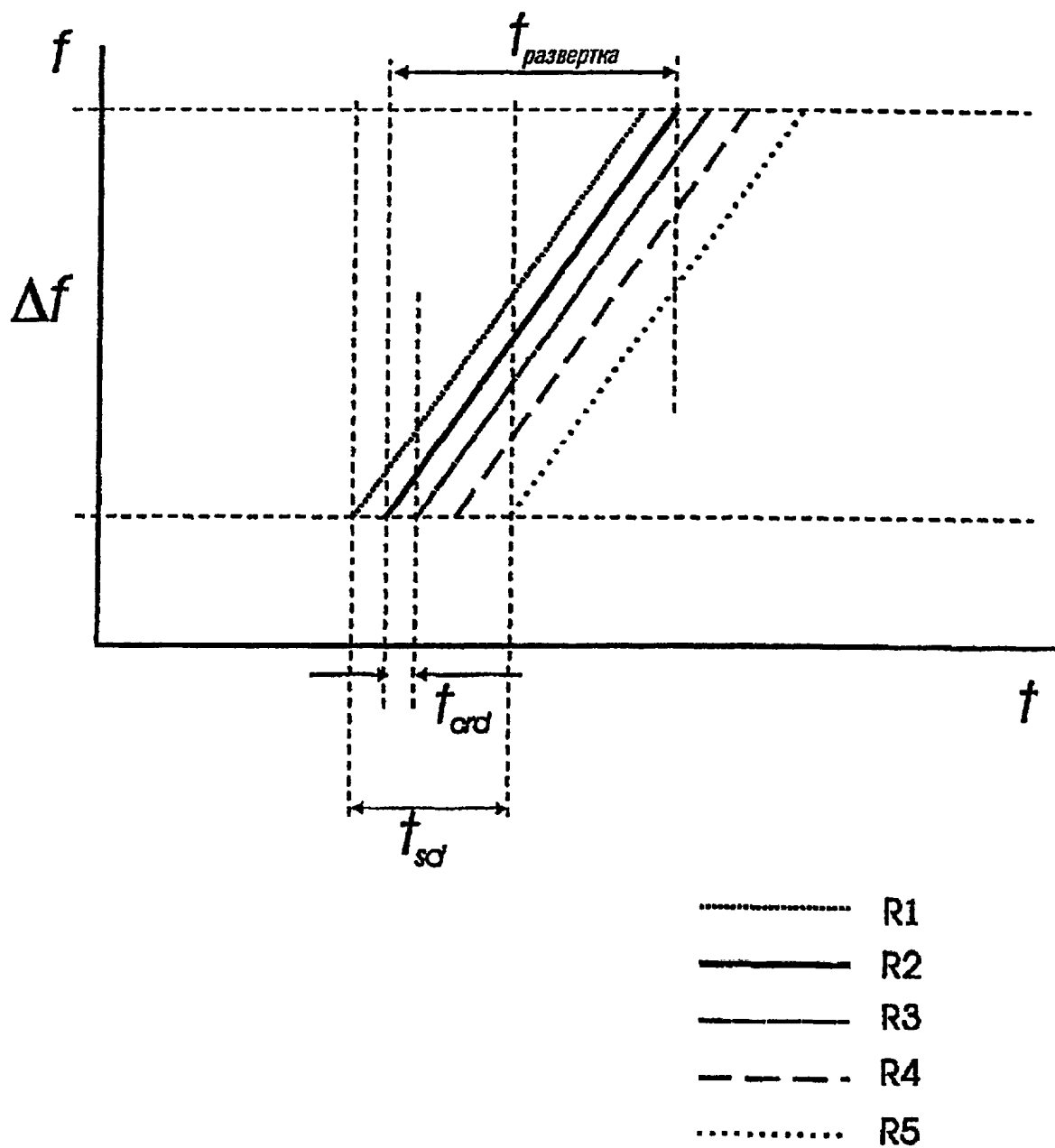
ФИГ. 9



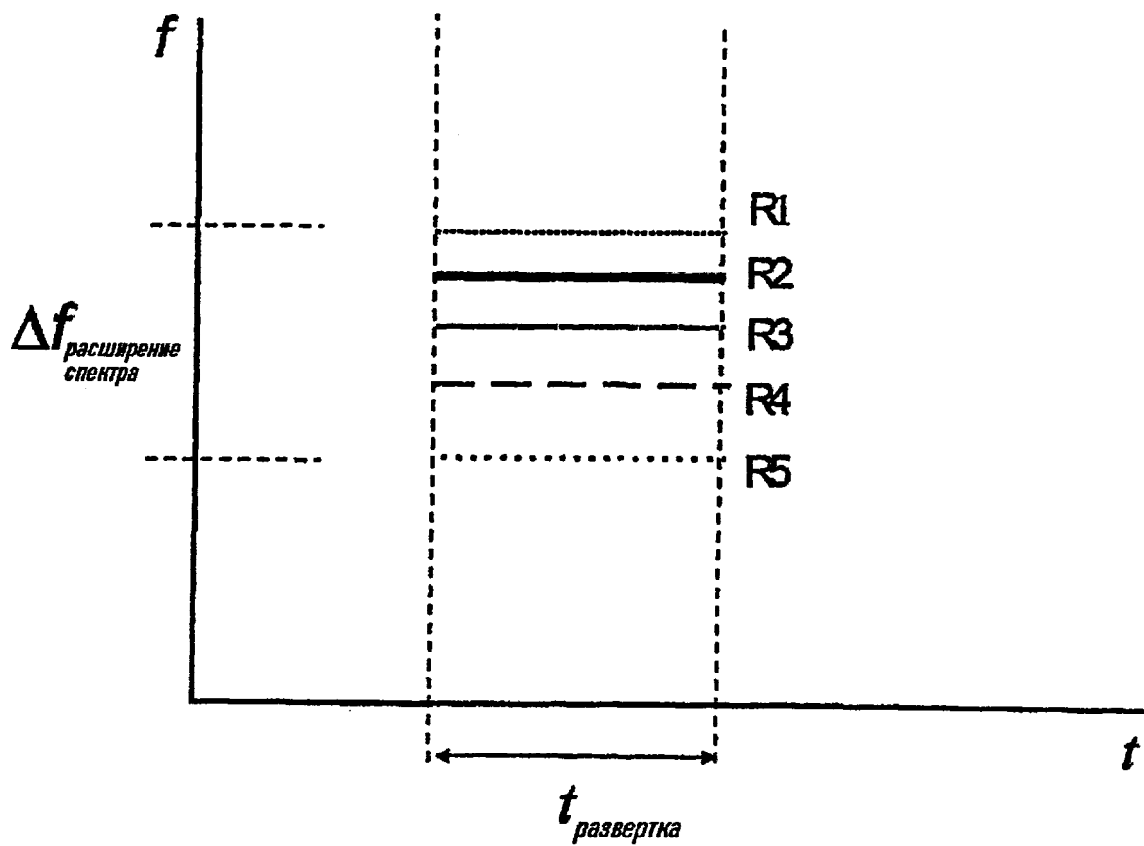
Фиг. 10



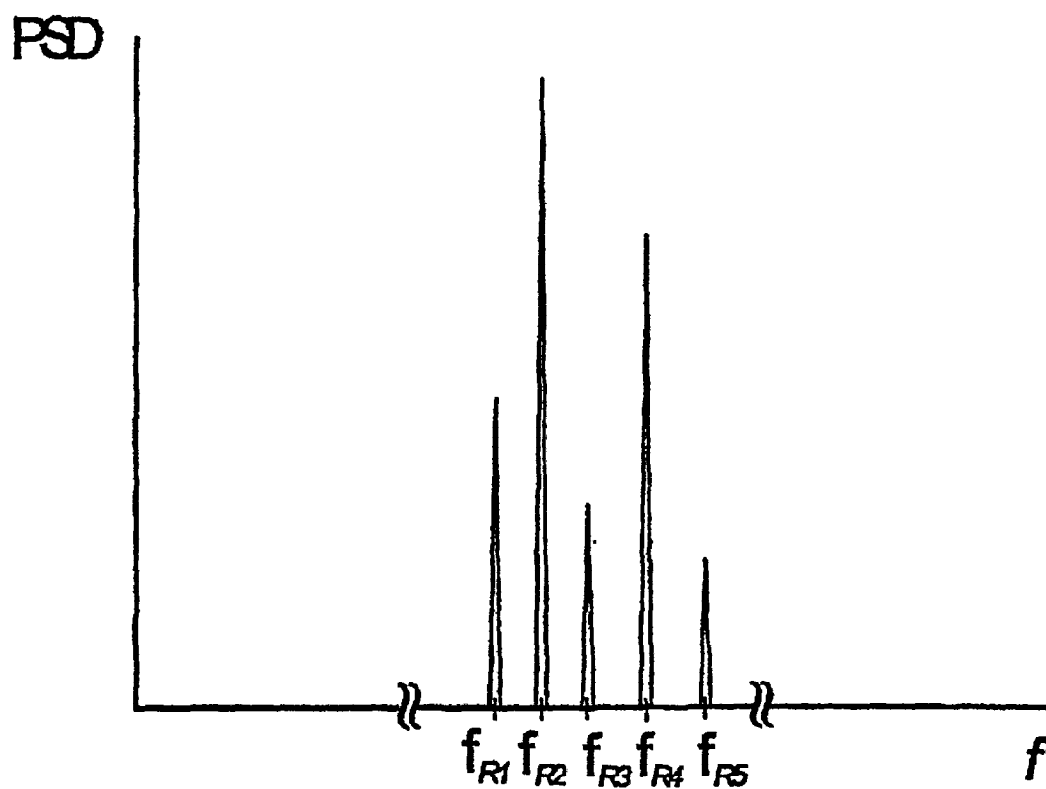
Фиг. 11



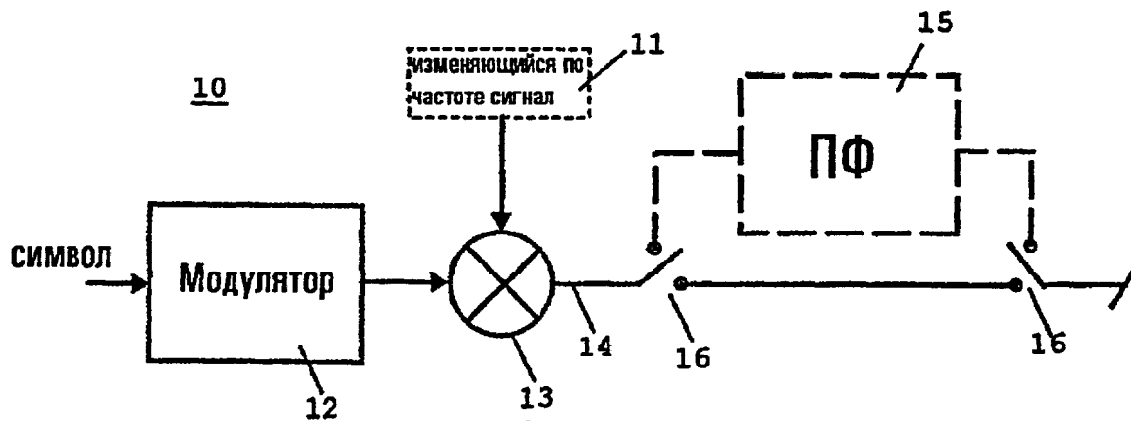
Фиг. 12



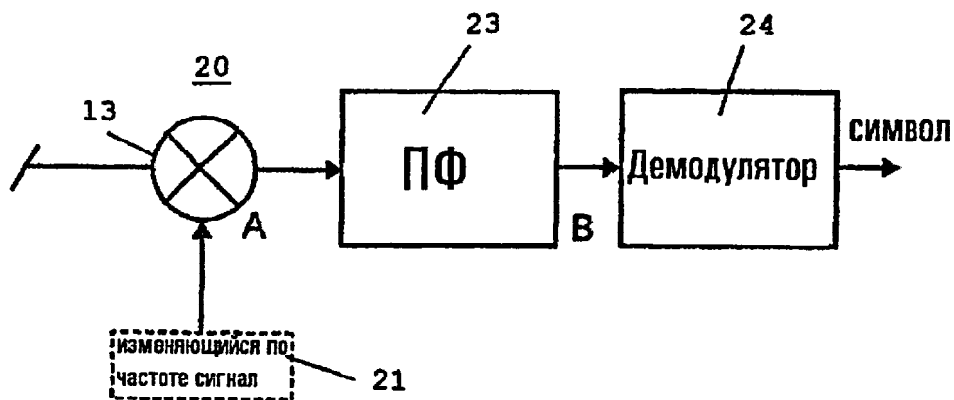
ФИГ. 13а



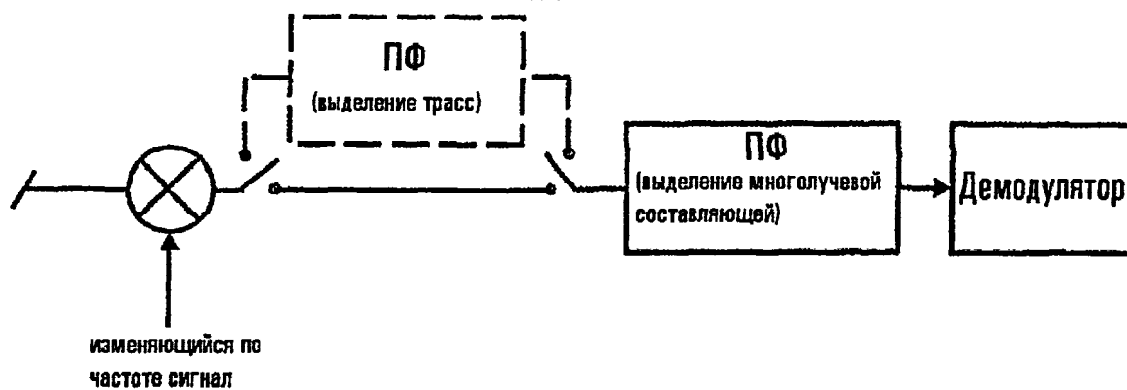
ФИГ. 13b



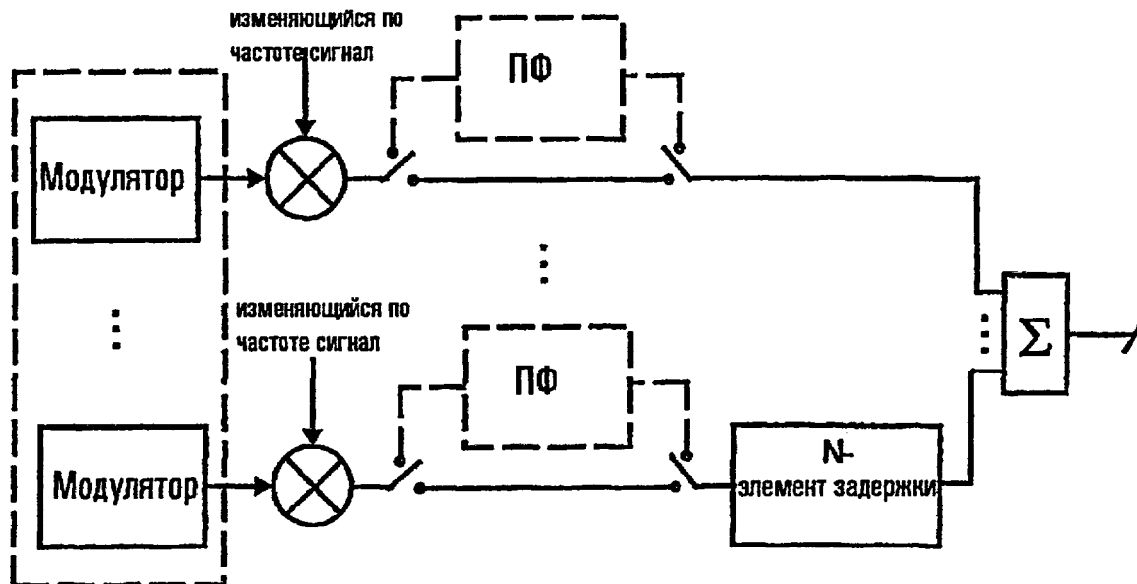
Фиг. 14а



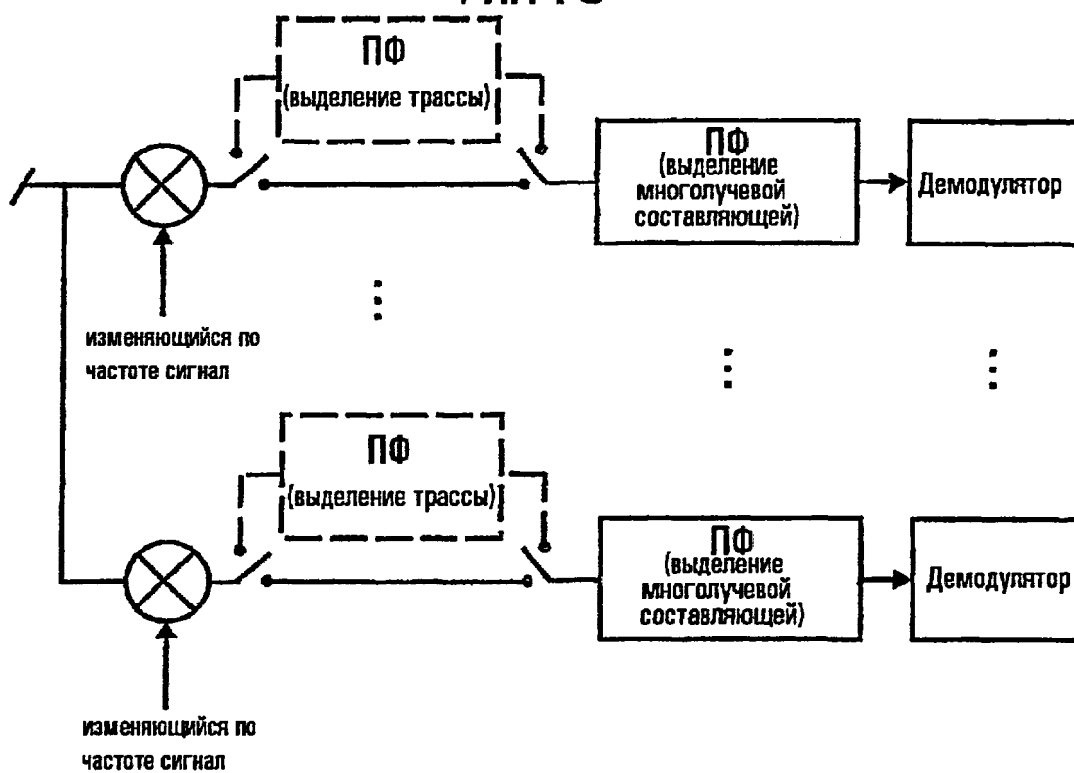
Фиг. 14b



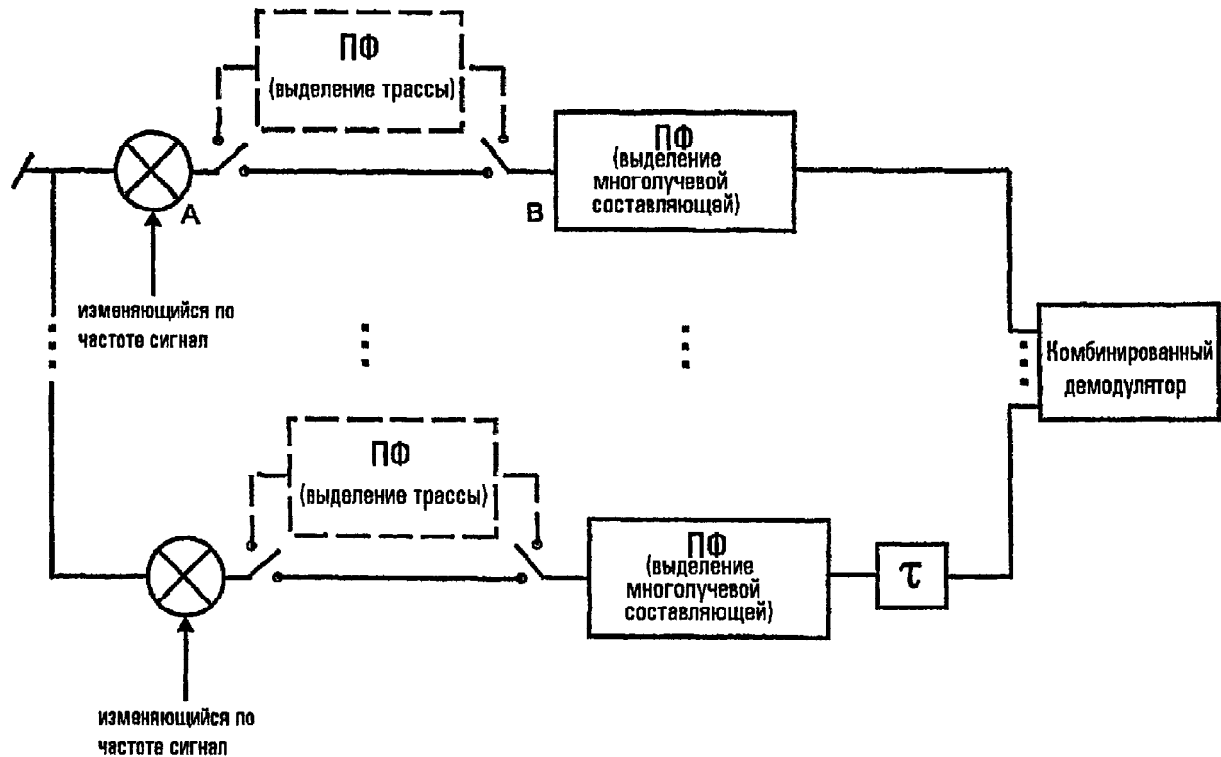
Фиг. 15



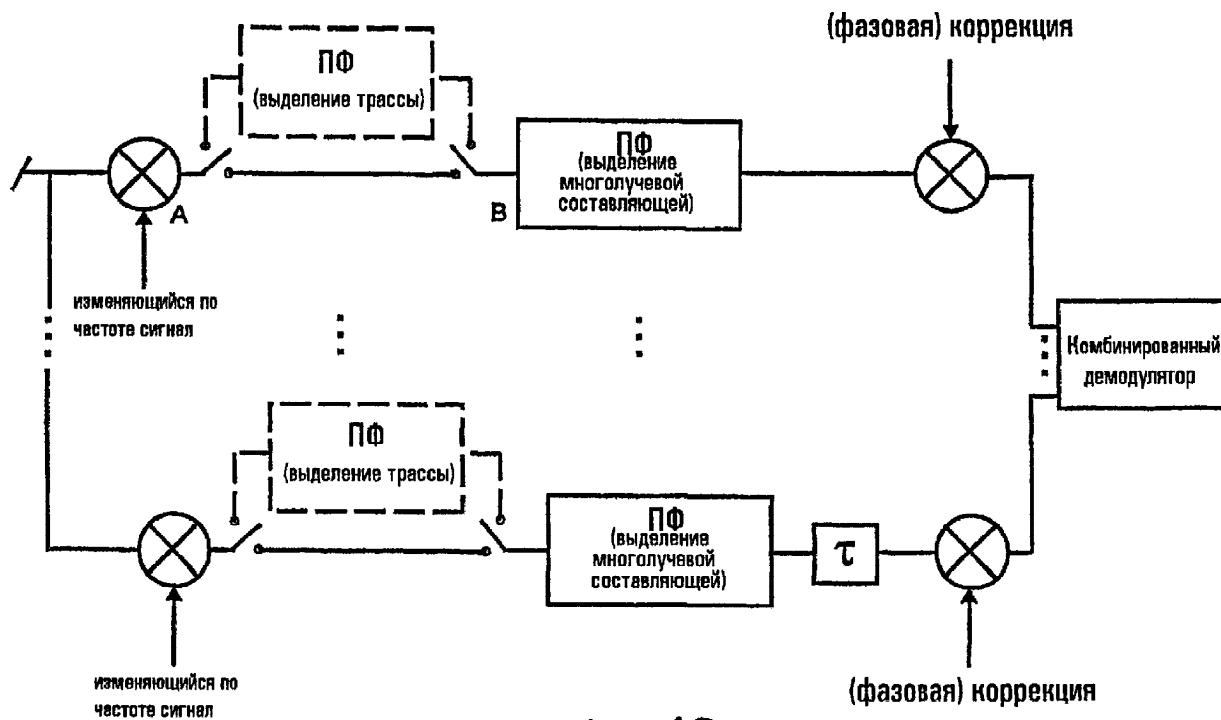
Фиг. 16



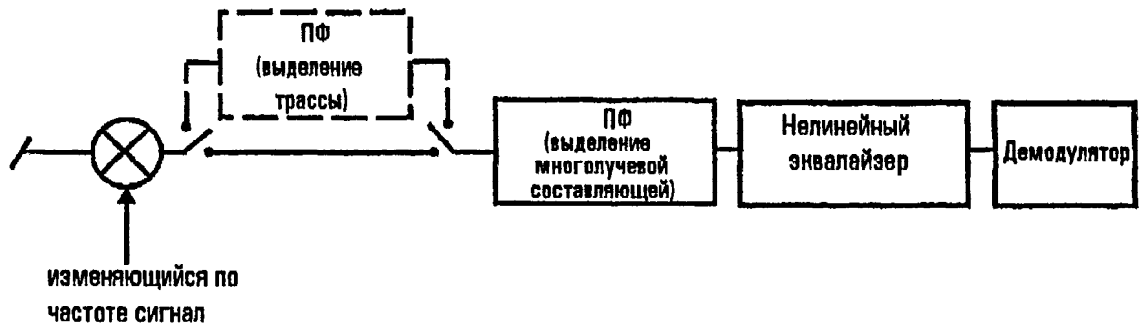
Фиг. 17



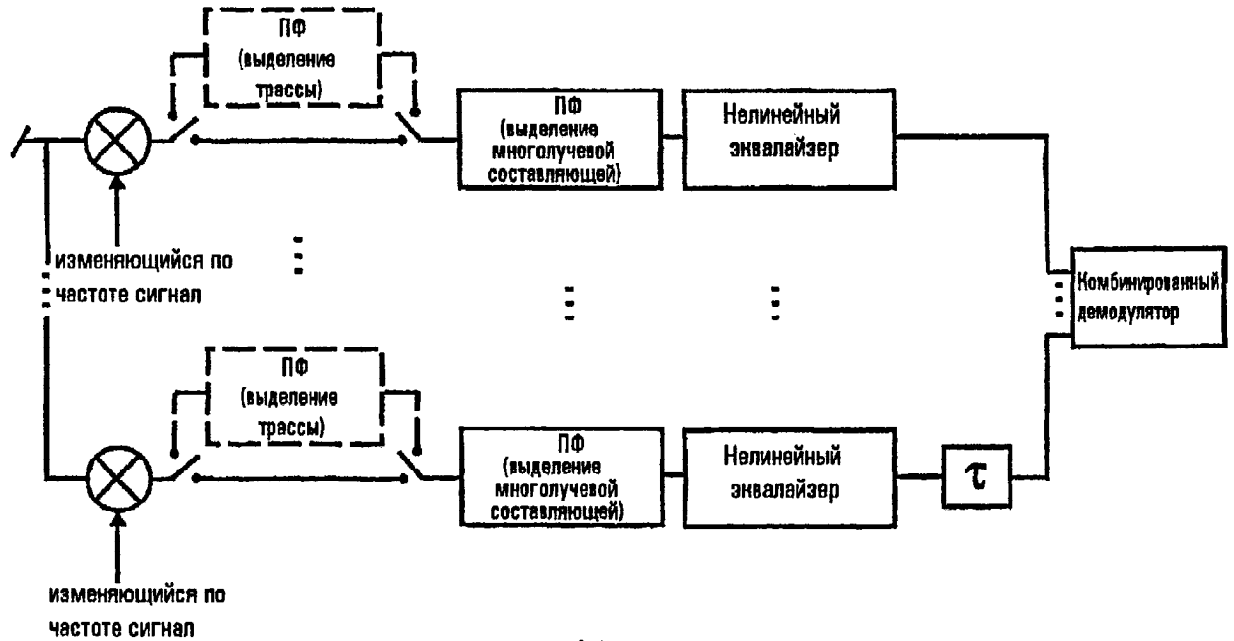
Фиг. 18



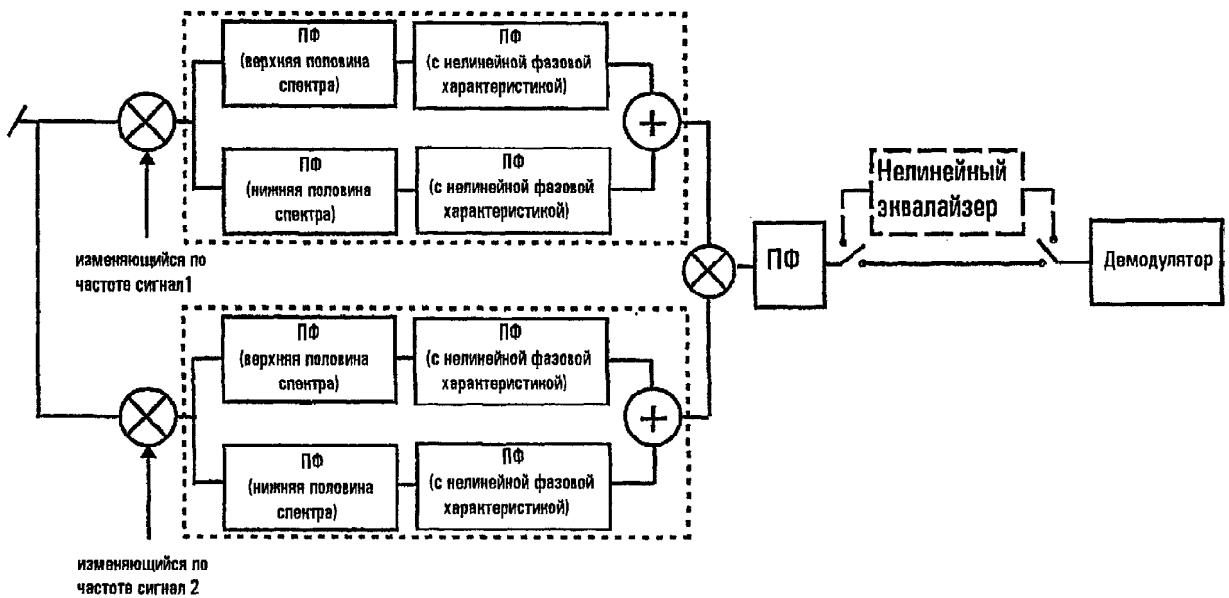
Фиг. 19



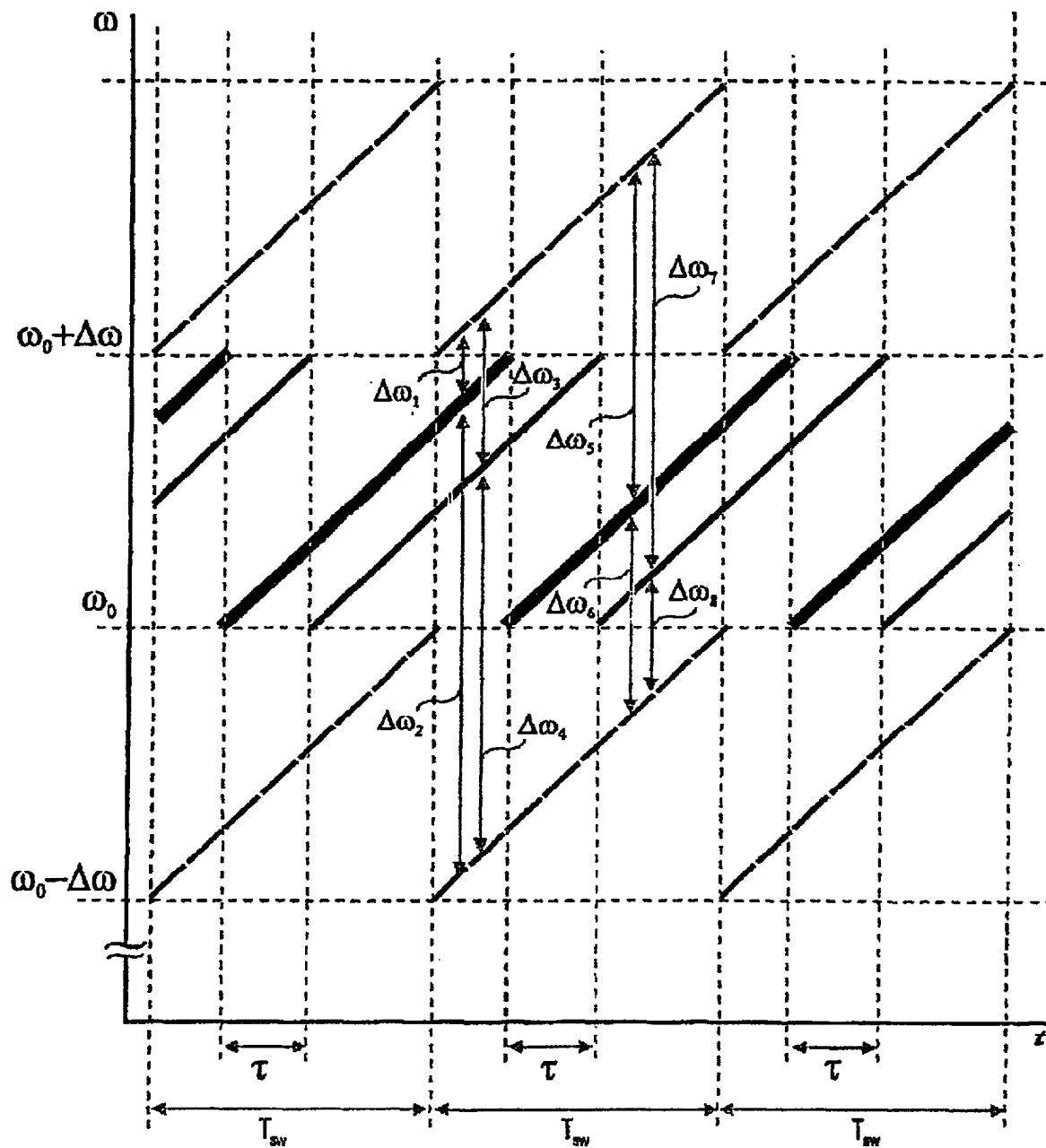
Фиг. 20



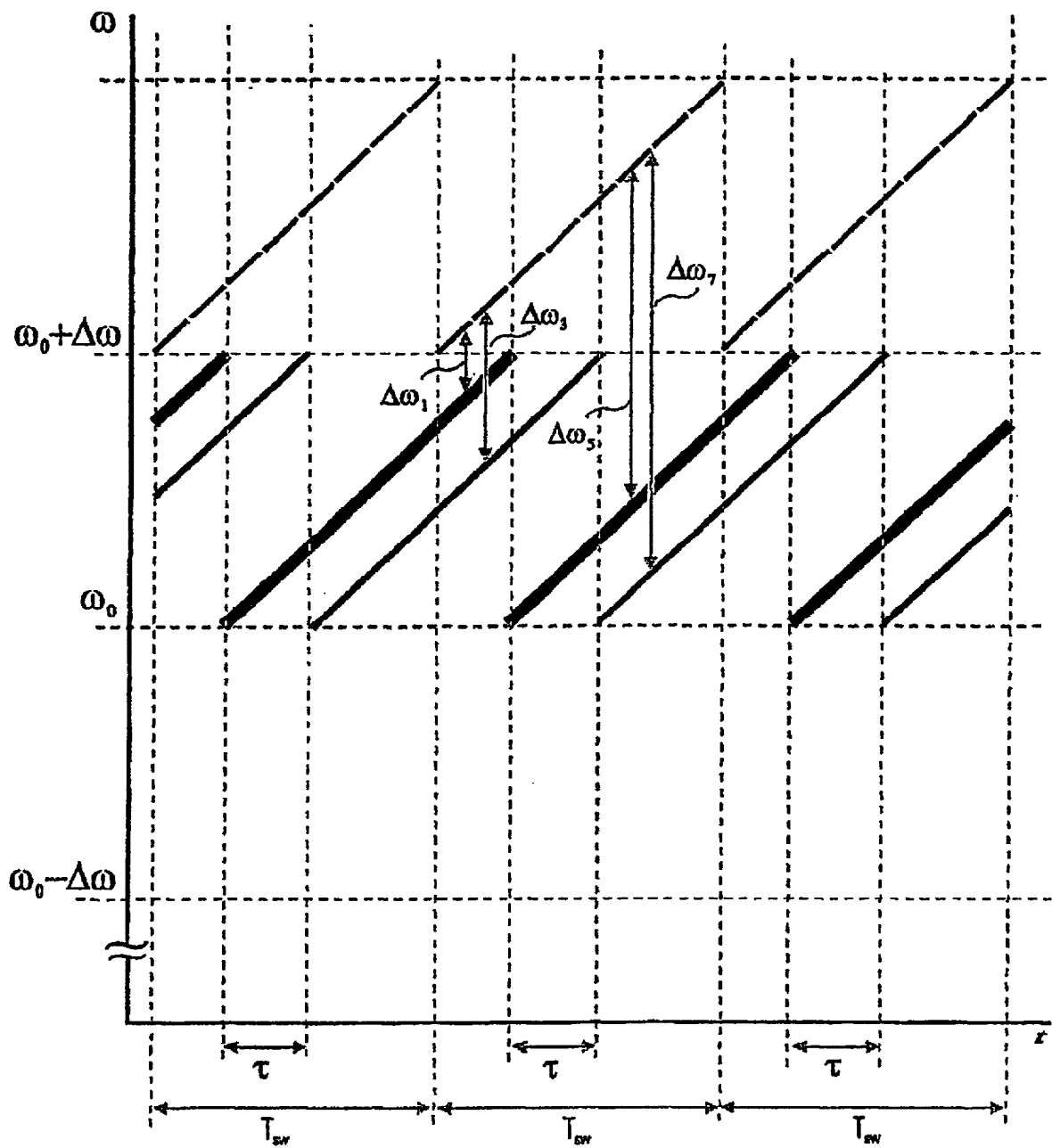
Фиг. 21



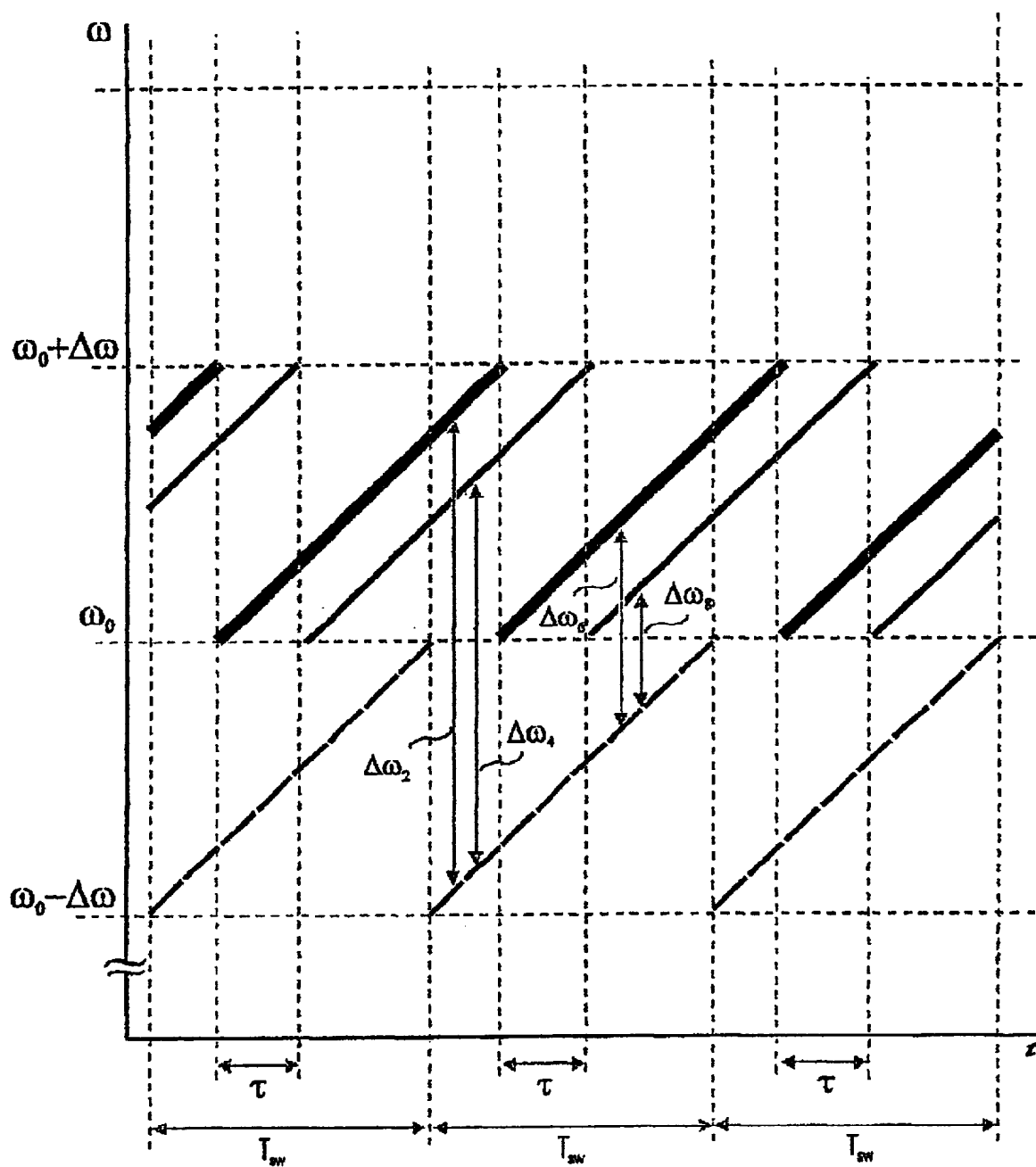
Фиг. 22



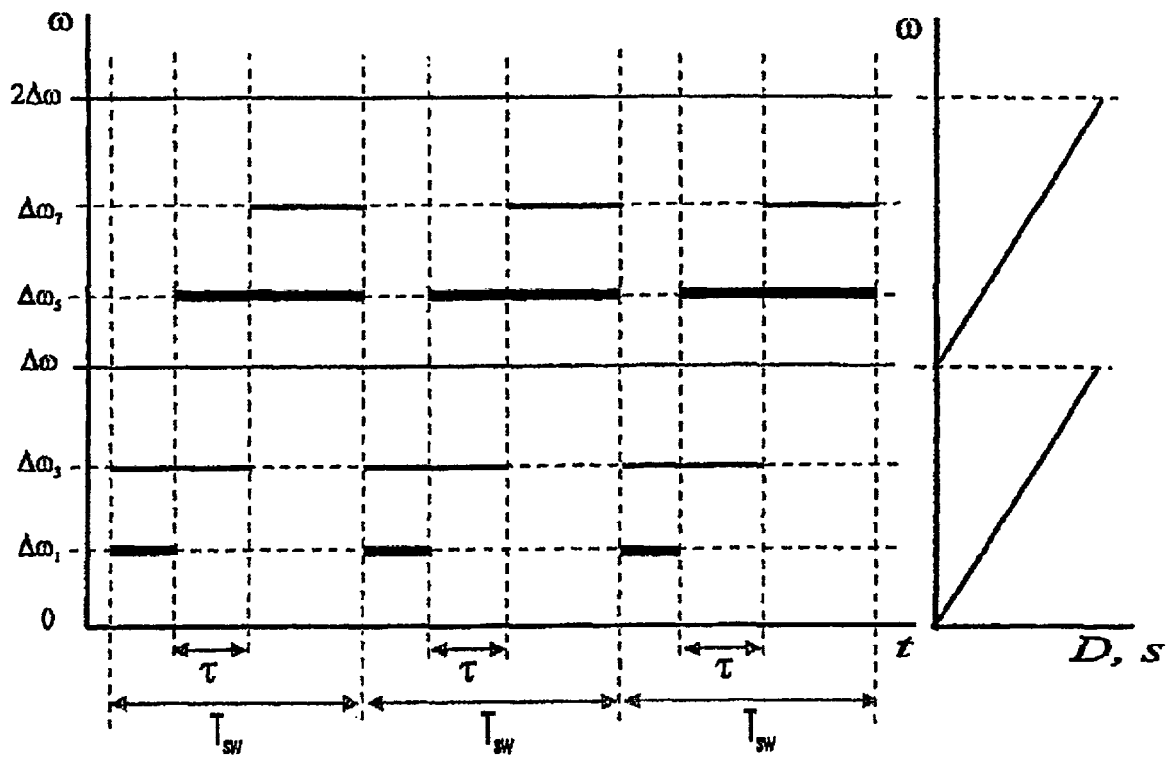
Фиг. 23



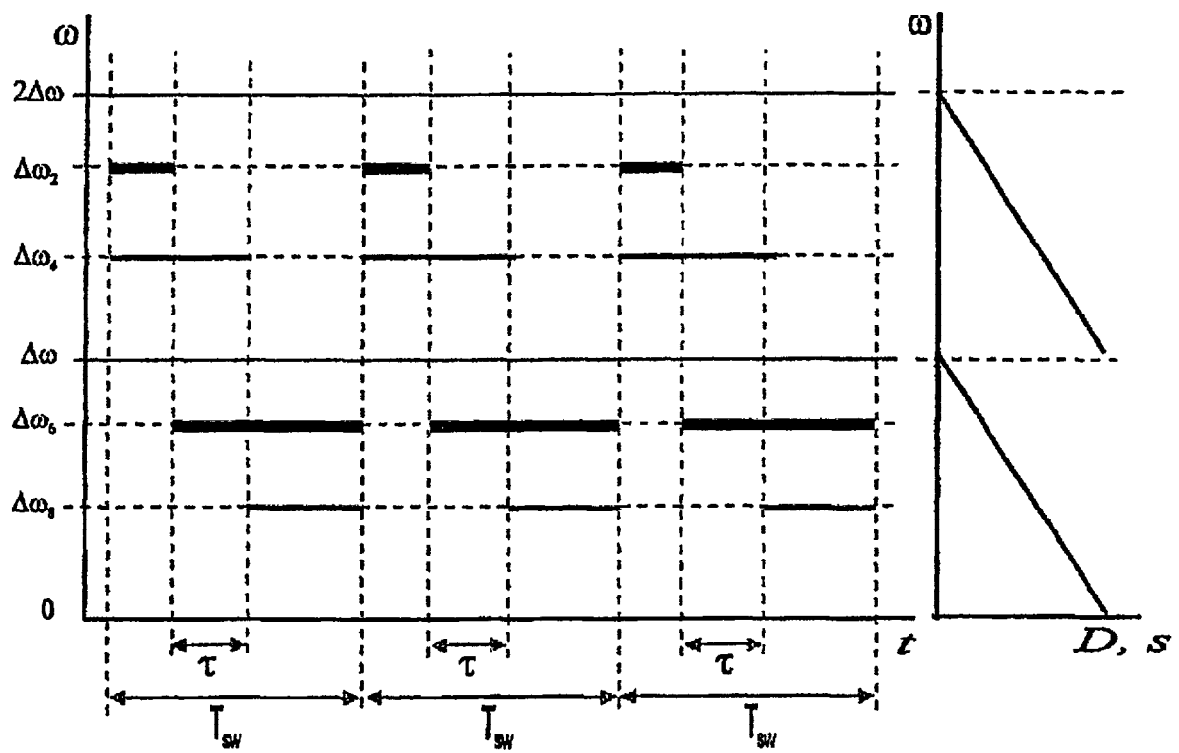
Фиг. 24



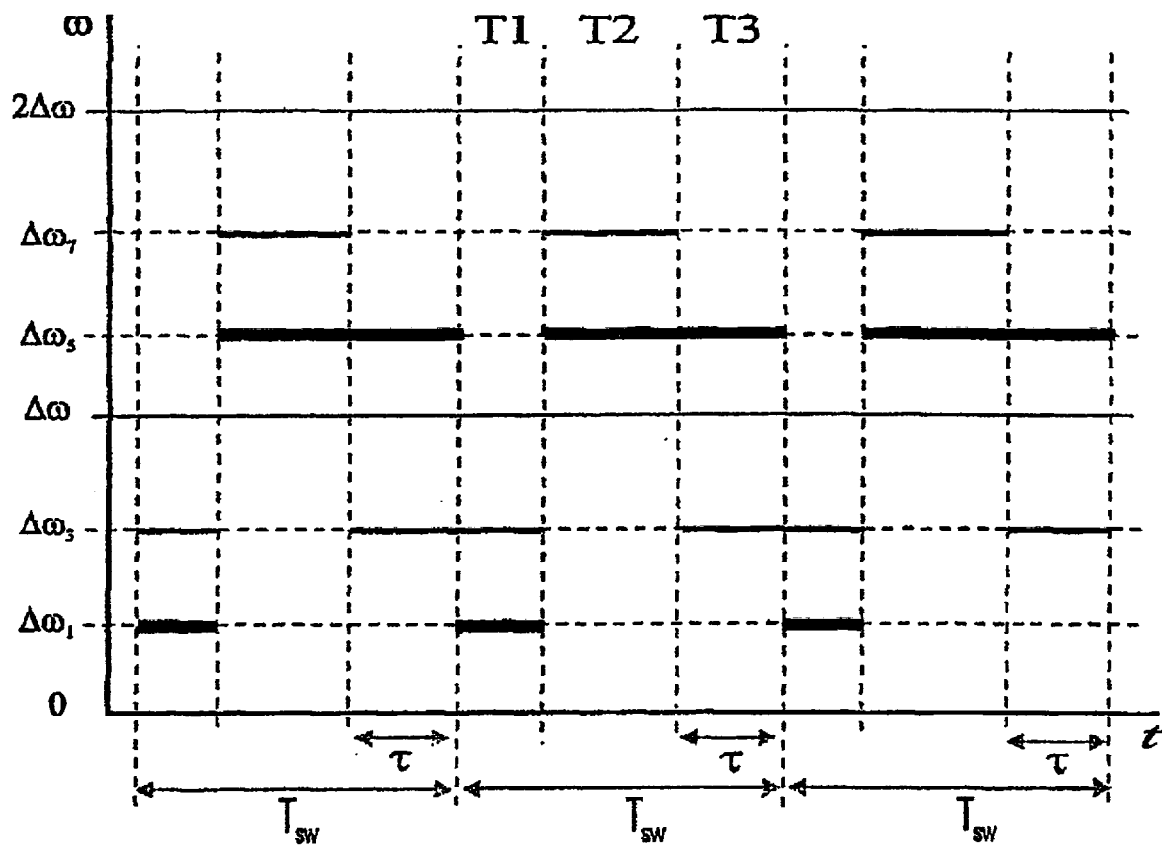
Фиг. 25



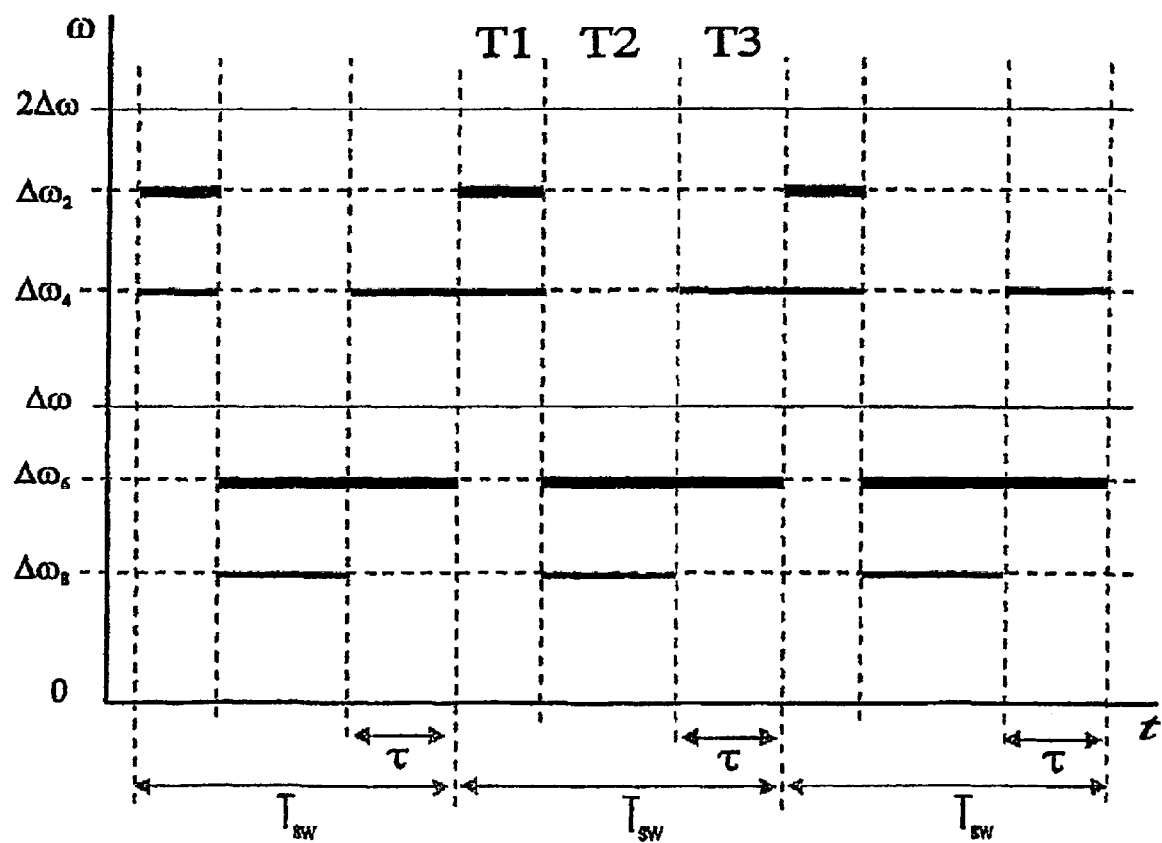
Фиг. 26а



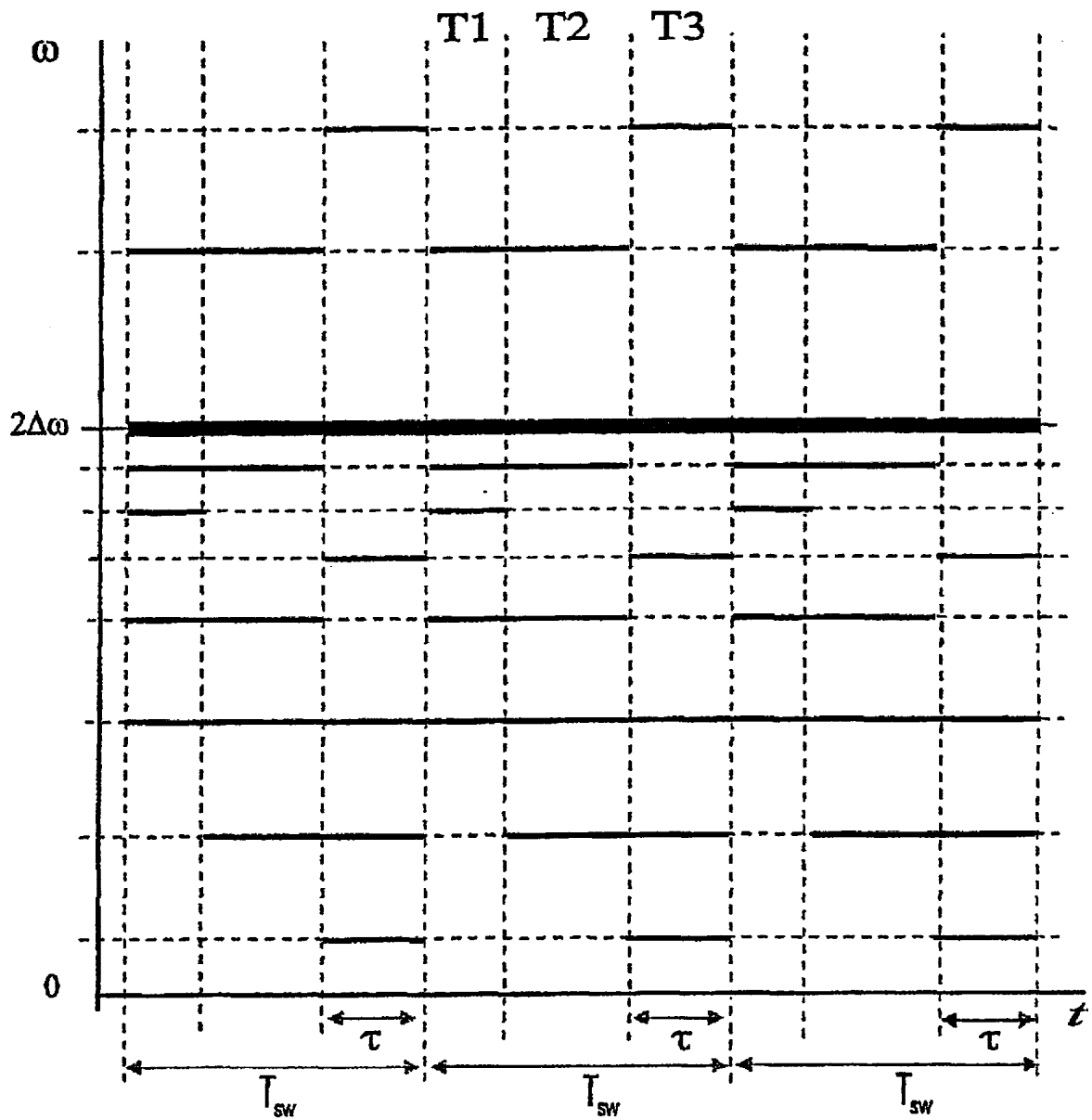
Фиг. 26b



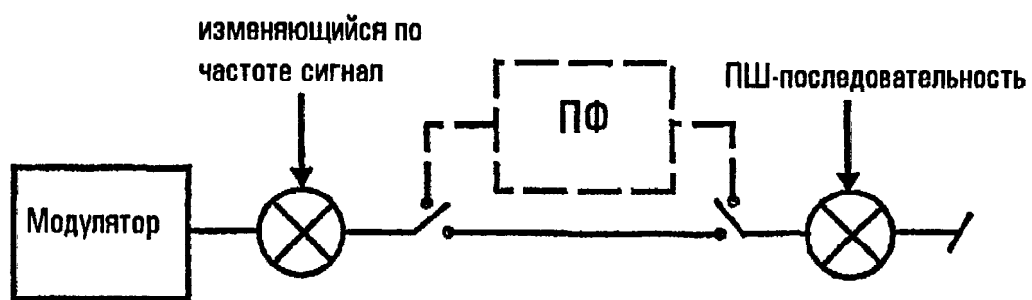
Фиг.27а



Фиг.27б



Фиг. 28



Фиг. 29а

