



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 234 199** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 04 L 27/26, H 04 H 1/06**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

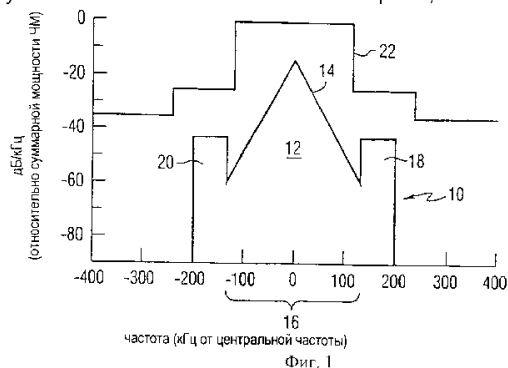
(21), (22) Заявка: 2002107308/09, 23.08.2000
(24) Дата начала действия патента: 23.08.2000
(30) Приоритет: 24.08.1999 US 09/379,780
(43) Дата публикации заявки: 20.09.2003
(46) Дата публикации: 10.08.2004
(56) Ссылки: US 5610908 A, 11.03.1997. RU 2019041 C1, 30.08.1994. EP 0907276 A1, 07.04.1999. EP 0823804 A2, 11.02.1998. US 5359601 A, 25.10.1994.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 25.03.2002
(86) Заявка РСТ: US 00/23184 (23.08.2000)
(87) Публикация РСТ: WO 01/15402 (01.03.2001)
(98) 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) Изобретатель: ШАСТРИ Анджали (US), КРЕГЕР Брайан Вилльям (US)
(73) Патентообладатель: АЙБИКВИТИ ДИДЖИТАЛ КОРПОРЕЙШН (US)
(74) Патентный поверенный: Кузнецов Юрий Дмитриевич

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ К СРЕДНЕЙ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ВЕЩАНИЯ

(57) Изобретение относится к обработке электронного сигнала, в частности к обработке сигнала с целью снижения отношения максимальной мощности к средней в радиочастотных сигналах. Достижимый технический результат – уменьшение отношения максимальной мощности к средней в электронных сигналах с ортогональным частотным уплотнением. Способ уменьшения отношения максимальной мощности к средней в радиочастотном сигнале заключается в том, что модулируют совокупность поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала, ограничивают его величину, демодулируют его, модулируют совокупность поднесущих с помощью предварительно искаженных векторов символов данных для получения второго

модулированного сигнала, ограничивают его величину, уменьшают интермодуляционные составляющие во втором ограниченном модулированном сигнале. Передатчики содержат средства для осуществления указанного способа. 4 с. и 24 з.п. ф-лы, 16 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 234 199** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 04 L 27/26, H 04 H 1/06**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2002107308/09, 23.08.2000
(24) Effective date for property rights: 23.08.2000
(30) Priority: 24.08.1999 US 09/379,780
(43) Application published: 20.09.2003
(46) Date of publication: 10.08.2004
(85) Commencement of national phase: 25.03.2002
(86) PCT application:
US 00/23184 (23.08.2000)
(87) PCT publication:
WO 01/15402 (01.03.2001)
(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
ООО "Юридическая фирма Городинский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову, рег.№ 595

(72) Inventor: ShASTRI Andzhali (US),
KREGER Brajan Vill'jam (US)
(73) Proprietor:
AJBIKVITI DIDZhITAL KORPOREJShN (US)
(74) Representative:
Kuznetsov Jurij Dmitrievich

(54) **METHOD AND DEVICE FOR REDUCING MAXIMAL-TO-MEDIUM POWER RATIO IN DIGITAL BROADCAST SYSTEMS**

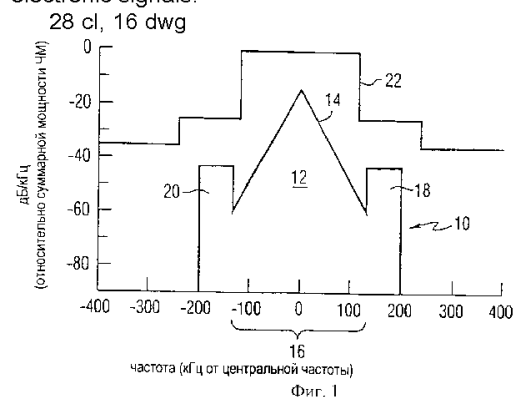
(57) Abstract:

FIELD: electronic signal processing including its processing to reduce maximal-to-medium power ratio of radio-frequency signals.

SUBSTANCE: proposed method includes modulation of set of subcarriers with aid of set of data character vectors to produce first modulated signal, limitation of its value, its demodulation, modulation of set of subcarriers with aid of pre-distorted data character vectors to produce second modulated signal, limitation of its value, and reduction of intermodulation components in second limited modulated signal. Proposed transmitters have means for implementing this method.

EFFECT: reduced maximal-to-medium power

ratio in orthogonal-frequency multiplexed electronic signals.



Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к обработке электронного сигнала, в частности к обработке сигнала с целью снижения отношения максимальной мощности к средней в радиочастотных сигналах.

Уровень техники

Цифровое звуковое вещание (ЦЗВ) является средством обеспечения звукового сигнала цифрового качества, которое превосходит аналоговые форматы вещания известного уровня техники. Внутриполосное - внутриканальное (ВПВК) ЦЗВ с ЧМ можно осуществлять в гибридном формате, при котором прошедший цифровую модуляцию сигнал сосуществует с вещаемым в данное время аналоговым ЧМ-сигналом, либо в полностью цифровом формате, в котором аналоговый ЧМ-сигнал устранен. Для ВПВК не требуются новые распределения спектра, поскольку каждый ЦЗВ-сигнал одновременно передают в том же спектральном шаблоне распределения ЧМ-каналов в соответствии с известным уровнем техники. ВПВК содействует экономии спектра, обеспечивая вещающим компаниям возможность предоставления цифрового качественного звукового сигнала своим слушателям.

Преимущества цифровой передачи звукового сигнала: повышенное качество сигнала с меньшим шумом и более широкий динамический диапазон по сравнению с ЧМ-радиоканалами известного уровня техники. Сначала гибридный формат можно адаптировать, чтобы приемники известного уровня техники смогли и далее принимать аналоговый ЧМ-сигнал, и при этом новые ВПВК-приемники смогут декодировать цифровой сигнал. По прошествии некоторого времени, когда появится много ВПВК приемников ЦЗВ, вещающие компании смогут перейти на передачу полностью в цифровом формате. Задача гибридного ВПВК ЦЗВ с ЧМ заключается в обеспечении стереофонического цифрового звукового сигнала (вместе с данными) фактически с качеством на уровне компакт-диска, с одновременной передачей ЧМ-сигнала согласно известному уровню техники. Задача полностью цифрового ВПВК ЦЗВ с ЧМ заключается в обеспечении стереофонического звукового сигнала фактически с качеством на уровне компакт-диска, вместе с каналом данных, с пропускной способностью приблизительно до 200 кб/с в зависимости от уровня помех у данной станции.

Одна из предлагаемых систем ВПВК вещания с ЧМ использует некоторую совокупность ортогональных мультиплексированных с частотным разделением (ОМЧР) несущих для передачи цифрового сигнала. ОМЧР-сигнал состоит из суммы нескольких несущих, модулированных на разных и неравноразнесенных частотах, ортогональных по отношению друг к другу. Поэтому разные поднесущие не создают помех друг другу. Величина передаваемого сигнала в такой системе иногда имеет очень высокие пиковые значения. Поэтому линейные усилители мощности, применяемые в передатчиках ВПВК ЦЗВ, должны работать со значительными потерями мощности, чтобы внеполосная мощность находилась ниже

заданных пределов. В результате этих обстоятельств возникает необходимость применения очень дорогих и неэффективных усилителей. В связи с этим имеется необходимость уменьшения отношения максимальной мощности к средней (ОММС) для сигнала ОМЧР ЦЗВ.

Данное изобретение предлагает эффективный метод уменьшения отношения максимальной мощности к средней в электронных сигналах с помощью ортогонального частотного уплотнения, осуществляемый таким образом, что его можно применять в системах ВПВК ЦЗВ с ЧМ.

Сущность изобретения

Данное изобретение предлагает способ уменьшения отношения максимальной мощности к средней в радиочастотном сигнале. Способ заключается в том, что модулируют совокупность поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала, ограничивают величину первого модулированного сигнала для получения первого ограниченного модулированного сигнала, демодулируют первый ограниченный модулированный сигнал для восстановления точек созвездия, предварительно искажают векторы символов данных для обеспечения минимальной величины для их синфазных и квадратурных составляющих, чтобы получить предварительно искаженные векторы символов данных, модулируют совокупность несущих с помощью предварительно искаженных векторов символов данных для получения второго модулированного сигнала, ограничивают величину второго модулированного сигнала для получения второго ограниченного модулированного сигнала и уменьшают интермодуляционные составляющие во втором ограниченном модулированном сигнале.

Согласно альтернативному варианту осуществления, применимому для полностью цифровой системы ВПВК ЦЗВ, дополнительно предварительно искажают векторы символов данных центральных поднесущих, при этом уменьшая интермодуляционные составляющие во втором модулированном ограниченном сигнале.

Предметом данного изобретения также являются передатчики, реализующие указанный способ.

Перечень фигур чертежей

Фиг.1 - схематическое представление распределений частот и относительной спектральной плотности мощности составляющих сигнала для гибридного сигнала ВПВК ЦЗВ с ЧМ;

фиг.2 - схематическое представление распределений частот и относительной спектральной плотности мощности составляющих сигнала для полностью цифрового сигнала ВПВК ЦЗВ с ЧМ.

фиг.3 - упрощенная блок-схема радиопередатчика, выполненного с возможностью применения способа уменьшения отношения максимальной мощности к средней согласно данному изобретению;

фиг.4 - графическое представление одного типа осуществления ограничения, которое может применяться в способе согласно данному изобретению;

фиг.5 - схематическое представление предварительного искажения символов данных применительно к данному изобретению;

фиг.6 - принципиальная схема способа согласно данному изобретению применительно к вещательной системе, использующей гибридный цифровой звуковой сигнал;

фиг.7 - графическое представление еще одного типа осуществления ограничения, которое можно применить в способе согласно данному изобретению;

фиг.8 - график результатов моделирования спектральных плотностей мощности модулированной формы сигнала, обработанной в соответствии с данным изобретением, с использованием функции ограничения согласно фиг.4;

фиг.9 - частота появления ошибок по битам для различных вариантов, иллюстрируемых на фиг.8;

фиг.10 - график результатов моделирования спектральных плотностей мощности модулированной формы сигнала, обработанной в соответствии с данным изобретением, вариант, когда усилитель высокой мощности использует функцию ограничения, иллюстрируемую на фиг.7;

фиг.11 - частота появления ошибок по битам для различных вариантов, иллюстрируемых на фиг.10;

фиг.12 - принципиальная схема способа согласно данному изобретению применительно к передатчику вещания полностью цифрового звукового сигнала;

фиг.13 - график результатов моделирования спектральных плотностей мощности модулированной формы сигнала, обработанной в соответствии с данным изобретением, вариант, с использованием функции ограничения, иллюстрируемой на фиг.4;

фиг.14 - частота появления ошибок по битам для различных вариантов, иллюстрируемых на фиг.13;

фиг.15 - графическое представление результатов моделирования спектральных плотностей мощности модулированной формы сигнала, обработанной в соответствии с данным изобретением, вариант, когда усилитель высокой мощности использует функцию ограничения, иллюстрируемую на фиг.7;

фиг.16 - частота появления ошибок по битам для различных вариантов, иллюстрируемых на фиг.15.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Фиг.1 является схематическим представлением распределений частот (спектральное размещение) и относительной спектральной плотности мощности составляющих сигнала для гибридного сигнала 10 ВПВК ЦЗВ с ЧМ согласно данному изобретению. Гибридный формат включает в себя обычный стереофонический аналоговый ЧМ-сигнал 12, имеющий спектральную плотность мощности, представленную треугольной формой 14, находящейся в части 16 центральной полосы частот канала. Спектральная плотность мощности (СПМ) типичного аналогового вещательного ЧМ-сигнала является почти треугольной со спадом около $-0,35$ дБ/кГц от центральной

частоты. Совокупность прошедших цифровую модуляцию равноразнесенных поднесущих размещают по обеим сторонам аналогового ЧМ-сигнала - в верхней боковой полосе 18 и в нижней боковой полосе 20, и передают совместно с аналоговым ЧМ-сигналом. Все несущие передают на таком уровне мощности, который определен канальным шаблоном 22 Федеральной комиссии связи США. Вертикальная ось в фиг.1 изображает максимальную спектральную плотность мощности относительно обычной средней характеристики спектральной плотности мощности.

В соответствии с одним из предлагаемых методов модуляции некоторую совокупность равноразнесенных ортогональных мультиплексированных с частотным разнесением поднесущих (ОМЧР) размещают по обеим сторонам основного аналогового ЧМ-сигнала, занимающего приблизительно спектр от 129 кГц до 199 кГц от основной центральной ЧМ-частоты, что изображено в виде верхней боковой полосы 18 и нижней боковой полосы 20 на фиг.1. В гибридной системе всю ЦЗВ-мощность в ОМЧР-модулированных поднесущих в каждой боковой полосе устанавливают около -25 дБ по отношению к ее основной аналоговой ЧМ-мощности. ЦЗВ-сигнал передают на ОМЧР-поднесущих, расположенных по обе стороны аналогового спектра. Система ЦЗВ содержит 191 несущую сверху и 191 несущую снизу основного ЧМ-спектра. Каждую ЦЗВ-поднесущую модулируют с помощью квадратурной фазовой манипуляции на частоте следования символов, равной 344,53125 Гц. Синфазным и квадратурным формам импульса придают конусность возведенного в степень косинуса (избыточное время = $7/128$) на фронтах для подавления спектральных боковых лепестков. Эта форма импульса дает разнос частоты ортогональной поднесущей, равный 363,3728 Гц.

Частью гибридного сигнала, прошедшего цифровую модуляцию, является подмножество полностью цифрового ЦЗВ-сигнала, который будут передавать в полностью цифровом формате ВПВК ЦЗВ. Уровни спектрального размещения и относительной плотности мощности сигнала цифровых ОМЧР-поднесущих в полностью цифровом формате ЦЗВ с обозначением 24 изображены на фиг.2. Изображаемый на фиг.1 аналоговый ЧМ-сигнал заменен дополнительной группой ОМЧР-поднесущих, называемых расширенным полностью цифровым сигналом 26, находящейся в центральной полосе 28 частот. Равноразнесенные ОМЧР-поднесущие находятся также в верхней боковой полосе 30 и нижней боковой полосе 32. Боковые полосы полностью цифрового формата согласно фиг.2 шире боковых полос, изображаемых на фиг.1. При этом уровень спектральной плотности мощности боковых полос полностью цифровых ВПВК сигналов установлен приблизительно на 10 дБ выше, чем это допускается в гибридных боковых ВПВК полосах. Это обеспечивает для полностью цифрового ВПВК-сигнала значительные преимущества с точки зрения рабочих характеристик. Помимо этого спектральная плотность мощности расширенного полностью цифрового сигнала

примерно на 15 дБ ниже этой плотности у гибридных боковых ВПВК полос. Это обстоятельство сводит к минимуму или устраняет проблемы помех прилегающего гибридного или полностью цифрового ВПВК-сигнала, и при этом обеспечивает дополнительную пропускную способность для других служб цифрового вещания.

Полностью цифровой режим является логическим продолжением гибридного режима, согласно которому аналоговый сигнал, первоначально занимавший центральный диапазон ± 100 кГц, заменяют на цифровые поднесущие низкого уровня. На обеих сторонах низкоуровневых несущих находятся две цифровые боковые полосы, которые отличаются от гибридного режима тем, что увеличивают ширину полосы приблизительно до 100 кГц и повышают мощность на 10 дБ приблизительно. Предлагаемая полностью цифровая ЦЗВ-система имеет 267 несущих в каждой боковой полосе и 559 несущих в центре. Каждую ЦЗВ-поднесущую модулируют с помощью квадратурной фазовой манипуляции. Синфазным и квадратурным формам импульса придают конусность возведенного в степень косинуса (избыточное время = $7/128$) на фронтах для подавления спектральных боковых лепестков. Эта форма импульса дает разнос частоты ортогональной поднесущей, равный 363,3728 Гц. Диаграммы спектральной плотности мощности для передаваемого сигнала должны быть полностью внутри цифрового шаблона ВПВК с ЧМ.

Фиг.3 представляет функциональную блок-схему, иллюстрирующую осуществление данного изобретения в передатчике ВПВК ЦЗВ с ЧМ. Генератор 34 символов формирует символы данных квадратурной фазовой манипуляции (КФК), содержащие передаваемую информацию. Эти символы подают в модулятор 36, в котором совокупность ОМЧР-поднесущих модулируют с получением ЦЗВ-сигнала (нормализованного). Эта модуляция включает в себя операцию обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) символов данных с целью осуществления ОМЧР-модуляции. К модулированному сигналу (избыточное время = $7/128$) применяют циклический префикс вместе с корневой финитной взвешивающей функцией в степени косинуса. Сочетание ОБПФ и операции взвешивания с использованием финитной функции далее называется "ЦЗВ-модулятором".

Блок 38 является главным блоком, в котором реализуется уменьшение отношения максимальной мощности к средней. Модулированный выходной сигнал ЦЗВ-модулятора 36 направляют в качестве входного сигнала в этот блок. Выходным сигналом блока 38 является сигнал, передаваемый с уменьшенным ОММС. Для осуществления уменьшения ОММС модулированный сигнал ограничивают по амплитуде, как показано, блоком 40, затем демодулируют в блоке 42, и получаемые демодулятором векторы символов предварительно искажают, или связывают, чтобы получить минимальные синфазные или квадратурные составляющие в блоке 44. Связанные символы затем модулируют в

блоке 46 с получением второго модулированного сигнала, который подвергают дальнейшему ограничению в блоке 48. Это ограничение создает ненужные интермодуляционные составляющие. Интермодуляционные составляющие в ограниченном втором модулированном сигнале затем уменьшают или устраняют в блоке 50 до подачи сигнала в усилитель 52 высокой мощности для вещания через антенну 54.

Фиг.4 является графиком, иллюстрирующим работу ограничителя, который можно использовать для выполнения функций блока 40. Ограничителю задают определенное пороговое значение или предельное значение K_1 . Если мощность входного сигнала превышает K_1 , то его в любой момент односторонне ограничивают до K_1 . Поскольку входной сигнал является нормализованным, то это гарантирует, что ОММС сигнала на выходе ограничителя равен K_1 . Работу ограничителя (для реального x) можно иллюстрировать следующим образом. Если значение входного сигнала (X) меньше $-K_1$, то выходной сигнал ограничителя устанавливают равным $-K_1$, если значение входного сигнала (X) превышает K_1 , то выходной сигнал ограничителя устанавливают равным K_1 , и если входной сигнал имеет значение между $-K$ и K_1 , то тогда выходной сигнал равен входному сигналу. K_1 , равное 1,58, означает, что отношение максимальной мощности к средней для данного режима работы установлено на 4 дБ.

Ограниченный модулированный сигнал затем подают в ЦЗВ-демодулятор 42. В ЦЗВ-демодуляторе обращенную операцию применения циклического префикса и взвешивания с использованием финитной функции сначала выполняют на модулированных выборках. Затем выполняют быстрое преобразование Фурье (БПФ) для осуществления ОМЧР-демодуляции. Сочетание взвешивания с использованием финитной функции и БПФ далее называется "ЦЗВ-демодулятором".

Затем точки созвездия вектора символов данных, восстановленные операцией демодуляции, связывают, чтобы они имели минимальные синфазные и квадратурные составляющие, в целях уменьшения искажения, возникшего по причине осуществления одностороннего ограничения в ограничителе. Для осуществления этого связывания каждый ОМЧР-вектор символов во время этой операции принудительно помещают в определенной зоне 54, 56, 58 или 60 - согласно фиг.5 - вокруг точки созвездия. На фиг.5 точки 62, 64, 66 и 68 созвездия имеют ожидаемую синфазную и квадратурную величину A . Некоторая заданная часть A , обозначенная как F , определяет зону, в которой связывают символы данных. Связывание каждого элемента ОМЧР-вектора символов иллюстрируется ниже.

Если входной символ (x): $x=a+b \cdot i$, где a является синфазной составляющей, и b является квадратурной составляющей, то выходной сигнал (y) определяют как: $y=a'+b' \cdot i$, где a' и b' определяют следующим образом:

Если $\text{abs}(a) \leq F \cdot A$

если $a < 0$, $a' = -(F \cdot A)$
 либо $a' = F \cdot A$
 либо $a' = a$
 Если $\text{abs}(b) \leq F \cdot A$
 если $b < 0$, $b' = -(F \cdot A)$
 либо $b' = F \cdot A$
 либо $b' = b$

При этом связывании очевидно, что синфазные и квадратурные составляющие точек созвездия символов принудительно имеют по меньшей мере минимальную величину, равную некоторой заданной части ожидаемой синфазной и квадратурной величины.

Затем связанный вектор символов модулируют с помощью ЦЗВ-модулятора 46, и модулированный выходной сигнал пропускают через ограничитель 48. Ограничитель 48 использует функцию ограничения, которая аналогична изображаемой на фиг.4, но имеет пороговое значение K_2 . Тем самым гарантируется, что сигнал на выходе ограничителя 48 имеет ОММС, равный K_2 , поскольку входной сигнал нормализован.

Чтобы передаваемый сигнал уместился внутри гибридного шаблона ВПВК с ЧМ, сигнал доводят в блоке 50 путем обнуления поднесущих, не передающих данные. Искажение, обусловленное этой доводкой, является минимальным. В предпочтительном варианте реализации системы ВПВК ЦЗВ с ЧМ фактический процесс предусматривает одностороннее ограничение поднесущих, которые не передают данные, для всех неактивных каналов (вне двух боковых лепестков) до нуля.

Фиг.6 является принципиальной схемой, иллюстрирующей способ уменьшения ОММС согласно данному изобретению. Блок 70 иллюстрирует, что входной вектор символов ОМЧР ЦЗВ данных поднесущей вводят в ЦЗВ-демодулятор 72. Получаемый таким образом на линии 72 первый модулированный сигнал ограничивают в блоке 76 с помощью первого порогового значения K_1 . Тем самым получают ограниченный первый модулированный сигнал на линии 78, который затем демодулируют в блоке 80, для восстановления точек созвездия векторов символов данных на линии 82. Восстановленные точки созвездия предварительно искажают в блоке 84 и таким образом их связывают, чтобы они имели заданную минимальную величину синфазных и квадратурных составляющих - согласно вышеизложенному. ЦЗВ-модулятор 86 модулирует связанные векторы символов для получения второго модулированного сигнала на линии 88. Этот второй модулированный сигнал ограничивают в ограничителе 90, имеющем второе пороговое значение K_2 .

Поскольку операция ограничения создает интермодуляционные составляющие, их уменьшают с помощью описываемых ниже операций. Второй ограниченный модулированный сигнал на линии 92 направляют в демодулятор в блоке 94. Демодулированный выходной сигнал на линии 96 направляют на операцию доводки в блоке 98, где поднесущие, не передающие данные, односторонне ограничивают до нуля. Полученный таким образом сигнал на линии 100 модулируют в блоке 102, и третий модулированный сигнал на линии 104

ограничивают в блоке 106 с помощью другого ограничивающего порогового значения (K_3). В предпочтительном осуществлении данного изобретения операции в блоках 94, 98, 102 и 106 повторяют два раза, используя пороговое значение K_4 в ограничителе 106 в первом повторе. Во втором повторе ограничитель 106 не используют, но сигнал подают на линию 108 в усилитель высокой мощности для вещания.

Для усилителя высокой мощности в целях моделирования были использованы две модели. Модель 1 использует функцию ограничения "кривой Z" - согласно фиг.4. Ограничитель устанавливают на некоторое пороговое значение K_5 . Если мощность сигнала превышает K_5 (для нормализованного входного сигнала), то в любой момент его односторонне ограничивают до K_5 . Модель 2 использует функцию ограничения "кривой S". В этом случае: пересчитанную в масштабе функцию 100 ошибок используют для моделирования усилителя высокой мощности (см. фиг.7). Рабочую точку устанавливают по величине K_5 . K_5 величиной в 6 дБ означает, что среднеквадратическое значение сигнала на 6 дБ ниже точки сжатия в 1 дБ.

Фиг.8 является графиком, иллюстрирующим моделированные результаты спектральных плотностей мощности ОМЧР-поднесущих в выборочном цифровом вещательном звуковом сигнале с помощью предельного значения $K_1=3$; K_2 , K_3 и $K_4=4$; и дроби $F=7/8$, с помощью изображаемого на фиг.4 ограничителя, с разными критериями конечного одностороннего ограничения. Сигнал, представленный линией 112, представляет одностороннее ограничение при 5,5+0,85 дБ. Линия 114 иллюстрирует одностороннее ограничение при 5,0+0,85 дБ, линия 116 иллюстрирует одностороннее ограничение при 4,5+0,86 дБ, и линия 118 иллюстрирует результаты одностороннего ограничения при 4,0+0,88 дБ. Фиг.9 иллюстрирует соответствующие частоты появления ошибок по битам для этих вариантов, числа со штрихом представляют соответствующие результаты. Линия 119 представляет результаты без одностороннего ограничения.

Фиг.10 является графиком, иллюстрирующим моделированные результаты спектральных плотностей мощности ОМЧР-поднесущих в выборочном цифровом вещательном звуковом сигнале с помощью предельных значений $K_1=3$; K_2 , K_3 и $K_4=4$; и части $F=7/8$, с помощью изображаемого на фиг.4 ограничителя в способе снижения ОММС и с помощью изображаемого на фиг.7 ограничителя для усилителя высокой мощности в выходном сигнале передатчика. Сигнал без одностороннего ограничения изображен линией 120. Линия 122 изображает одностороннее ограничение при 5,17+1,09 $\text{sig}_{\text{rms}}=-8$. Фиг.11 иллюстрирует частоты появления ошибок по битам для этих вариантов, цифры со штрихом приводятся для соответствующих результатов.

Фиг.12 является принципиальной схемой, которая иллюстрирует способ уменьшения ОММС согласно данному изобретению для полностью цифрового сигнала. Блок 124 изображает следующее: входной вектор

символов ОМЧР ЦЗВ данных поднесущей вводят в ЦЗВ-модулятор 126, Получаемый при этом первый модулированный сигнал на линии 128 ограничивают в блоке 130 с помощью первого порогового значения K_1 . Это создает ограниченный первый модулированный сигнал на линии 132, который затем демодулируют в блоке 134 для восстановления точек созвездия векторов символов данных на линии 136. Восстановленные точки созвездия предварительно искажают в блоке 138 и таким образом их связывают до заданной минимальной величины синфазных и квадратурных составляющих - согласно вышеизложенному. При этом ненужные поднесущие, которые не передают данные, также односторонне ограничивают до нуля в этой операции. ЦЗВ-модулятор 140 модулирует связанные векторы символов с получением второго модулированного сигнала на линии 142. Этот второй модулированный сигнал ограничивают в ограничителе 144, имеющем второе пороговое значение K_2 .

Поскольку ограничение создает интермодуляционные составляющие, их уменьшают в последующих операциях. Второй ограниченный модулированный сигнал на линии 146 направляют в демодулятор в блоке 148. Демодулированный выходной сигнал 150 поступает в блок 152, в котором символы данных из центральных несущих предварительно искажают, и поднесущие, не передающие данные, односторонне ограничивают до нуля. Полученный на линии 154 сигнал модулируют в блоке 156, и третий модулированный сигнал на линии 158 ограничивают в блоке 160 с помощью еще одного предельного порогового значения (K_3). Согласно предпочтительному варианту реализации данного изобретения: операции в блоках 148, 152, 156 и 160 повторяют два раза, применяя пороговое значение K_4 в ограничителе 160 при первом повторе. При втором повторе ограничитель 160 не используют, а направляют сигнал на линии 162 в усилитель высокой мощности для вещания.

Фиг.13 является графиком, иллюстрирующим моделированные результаты спектральных плотностей мощности ОМЧР-поднесущих в выборочном цифровом вещательном звуковом сигнале, использующем предельное значение $K_1=3$; K_2 , K_3 и $K_4=4$; и часть $F=7/8$, с помощью изображаемого на фиг.4 ограничителя, с различными критериями конечного одностороннего ограничения. Сигнал без одностороннего ограничения иллюстрирован линией 164. Линия 166 изображает одностороннее ограничение при $4,5+0,78$ дБ, линия 168 изображает одностороннее ограничение при $5,0+0,77$ дБ, и линия 170 изображает результаты одностороннего ограничения при $5,5+0,77$ дБ. Фиг.14 изображает соответствующие частоты появления ошибок по битам для этих вариантов, цифры со штрихом обозначают соответствующие результаты.

Фиг.15 является графиком, изображающим моделированные результаты спектральных плотностей мощности ОМЧР-поднесущих в выборочном цифровом вещательном звуковом сигнале, использующем предельное

значение $K_1=3$; K_2 , K_3 и $K_4=4$; и часть $F=7/8$, с помощью изображаемого на фиг.4 ограничителя в способе снижения ОММС, и с помощью изображаемого на фиг.7 ограничителя для усилителя высокой мощности в выходном сигнале передатчика. Сигнал одностороннего ограничения иллюстрирован линией 172. Линия 174 изображает одностороннее ограничение при $\text{sig}_{\text{rms}}=6$, ОММС= $6,15+0,95$ дБ; и линия 176 изображает одностороннее ограничение при $\text{sig}_{\text{rms}}=8$, ОММС= $6,38+0,88$ дБ. Фиг.16 изображает соответствующие частоты появления ошибок по битам для этих вариантов, цифры со штрихом обозначают соответствующие результаты.

Все варианты моделирования выполнены с помощью 512 ОМЧР-символов. Оптимальными выбранными параметрами были: $K_1=3$ дБ, $K_2=4$ дБ, $K_3=4$ дБ, $K_4=4$ дБ, $F=7/8$. Учитываемыми показателями были: спектральная плотность мощности (СПМ) и частота появления ошибок по битам (ЧПОБ). Точки демодулированного сигнала были изображены в виде графика для иллюстрирования вводимого искажения.

На последнем этапе частоту дискретизации можно удвоить путем заполнения сигнала нулями в частотной области. Для уменьшения сложности метода уменьшения ОММС: последнюю операцию можно выполнить дважды вместо трех раз. Это будет означать некоторую потерю рабочих показателей, но СПМ все же будут в пределах гибридного шаблона ВПВК с ЧМ.

Данное изобретение описывает обладающую новизной методику для уменьшения отношения максимальной мощности к средней (ОММС) в ОМЧР для систем ВПВК ЦЗВ с ЧМ. Результаты моделирования (с помощью кривых Z и S для усилителя мощности) для этой методики показывают, что данное изобретение в состоянии обеспечить уменьшение ОММС до 4-7 дБ, при этом не выходя за пределы шаблона ЧМ. Искажение, создаваемое в соответствии с этим способом предварительного искажения, является минимальным. В частности, с помощью параметров $K_1=3$ дБ, $K_2=4$ дБ, $K_3=4$ дБ, $K_4=4$ дБ, $F=7/8$ для ЦЗВ-сигнала обеспечивается очень хороший график спектральной занятости, не выходя из пределов шаблона ЧМ. Причем искажение, вводимое этой совокупностью значений, является минимальным.

Данное изобретение использует комбинацию предварительного искажения сигнала передачи вместе с односторонним ограничением, чтобы свести к минимуму ОММС передаваемого сигнала. Уменьшение ОММС в оптимизированном сигнале передачи продемонстрированы результатами моделирования. Несмотря на то, что данное изобретение поясняется на предпочтительных вариантах его реализации, подразумевается, что в раскрываемых способе и системе могут быть осуществлены различные изменения в рамках объема изобретения, определяемого в приводимой ниже формуле изобретения, включая его эквиваленты. Например, данное изобретение поясняется с точки зрения его применения для цифрового звукового вещания, но оно имеет более общее применение для других

систем для передачи цифровой информации с помощью модуляции нескольких несущих.

Формула изобретения:

1. Способ уменьшения отношения максимальной мощности к средней в радиочастотном сигнале, заключающийся в том, что модулируют совокупность поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала, ограничивают величину первого модулированного сигнала для получения первого ограниченного модулированного сигнала и демодулируют первый ограниченный модулированный сигнал для восстановления векторов символов данных, отличающийся тем, что предварительно искажают восстановленные векторы символов данных для обеспечения минимальной величины для их синфазных и квадратурных составляющих, чтобы получить предварительно искаженные векторы символов данных, модулируют совокупность поднесущих с помощью предварительно искаженных векторов символов данных для получения второго модулированного сигнала, ограничивают величину второго модулированного сигнала для получения второго ограниченного модулированного сигнала и уменьшают интермодуляционные составляющие во втором ограниченном модулированном сигнале.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при сокращении интермодуляционных составляющих во втором ограниченном модулированном сигнале дополнительно демодулируют второй модулированный сигнал для получения второго демодулированного сигнала, односторонне ограничивают до нуля поднесущие, не передающие данные, во втором демодулированном сигнале и модулируют второй демодулированный сигнал для получения третьего модулированного сигнала.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что дополнительно ограничивают третий модулированный сигнал.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что дополнительно демодулируют третий модулированный сигнал для получения третьего демодулированного сигнала, односторонне ограничивают до нуля поднесущие, не передающие данные, в третьем демодулированном сигнале и модулируют третий демодулированный сигнал для получения четвертого модулированного сигнала.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что дополнительно ограничивают четвертый модулированный сигнал.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что дополнительно демодулируют четвертый модулированный сигнал для получения четвертого демодулированного сигнала, односторонне ограничивают до нуля поднесущие, не передающие данные, в четвертом демодулированном сигнале и модулируют четвертый демодулированный сигнал для получения пятого модулированного сигнала.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанные векторы символов данных дополнительно содержат некоторую совокупность точек созвездия,

представляющих символы данных, при этом указанные точки созвездия имеют синфазную составляющую и квадратурную составляющую, а при предварительном искажении дополнительно масштабируют синфазную составляющую каждой точки созвездия до величины, которая превышает первую заданную часть ожидаемой величины синфазной составляющей либо равна ей, масштабируют квадратурную составляющую каждой точки созвездия до величины, которая превышает вторую заданную часть ожидаемой величины квадратурной составляющей либо равна ей.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что при модулировании совокупности поднесущих с помощью совокупности символов данных для получения первого модулированного сигнала осуществляют модуляцию с помощью квадратурной фазовой манипуляции.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что поднесущие указанной совокупности поднесущих являются ортогональными мультиплексированными с частотным разделением поднесущими.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что при ограничении величины первого модулированного сигнала для получения первого ограниченного модулированного сигнала дополнительно устанавливают максимальную величину первого модулированного сигнала на заданную постоянную величину.

11. Способ по п.1, отличающийся тем, что при ограничении величины первого модулированного сигнала для получения первого ограниченного модулированного сигнала дополнительно устанавливают максимальную величину первого модулированного сигнала на заданную величину, определяемую пересчитанной в масштабе кривой Z.

12. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительно нормализуют указанные модулированные поднесущие.

13. Способ по п.1, отличающийся тем, что при модулировании совокупности поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала дополнительно применяют обратное быстрое преобразование Фурье к указанным векторам символов данных, применяют циклический префикс к указанным векторам символов данных и применяют корневую финитную взвешивающую функцию в степени косинуса к указанным векторам символов данных.

14. Способ уменьшения отношения максимальной мощности к средней в радиочастотном сигнале, заключающийся в том, что модулируют совокупность поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала, при этом первая группа поднесущих находится в верхней и нижней боковых полосах радиоканала, а вторая группа поднесущих находится в центральной полосе радиоканала, и ограничивают величину первого модулированного сигнала для получения первого модулированного сигнала, отличающийся тем, что удаляют интермодуляционные составляющие в первом ограниченном модулированном сигнале, демодулируют первый ограниченный

модулированный сигнал для восстановления точек созвездия данных, представляющих символы данных, предварительно искажают векторы символов данных в первой и второй группах поднесущих для обеспечения минимальной величины для их синфазных и квадратурных составляющих в целях получения предварительно искаженных векторов символов данных, модулируют совокупность поднесущих с помощью предварительно искаженных векторов символов данных для получения второго модулированного сигнала, ограничивают величину второго модулированного сигнала для получения второго ограниченного модулированного сигнала, удаляют интермодуляционные составляющие во втором ограниченном модулированном сигнале и предварительно искажают векторы символов данных во второй группе поднесущих для обеспечения минимальной величины для их синфазных и квадратурных компонентов в целях получения дополнительных предварительно искаженных векторов символов данных.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что при удалении интермодуляционных составляющих во втором ограниченном модулированном сигнале дополнительно демодулируют второй модулированный сигнал для получения второго демодулированного сигнала, односторонне ограничивают до нуля поднесущие, не передающие данные, во втором демодулированном сигнале и модулируют второй демодулированный сигнал для получения третьего модулированного сигнала.

16. Способ по п.15, отличающийся тем, что дополнительно ограничивают третий модулированный сигнал.

17. Способ по п.16, отличающийся тем, что дополнительно демодулируют третий модулированный сигнал для получения третьего демодулированного сигнала, односторонне ограничивают до нуля поднесущие, не передающие данные, в третьем демодулированном сигнале и модулируют третий демодулированный сигнал для получения четвертого модулированного сигнала.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что дополнительно ограничивают четвертый модулированный сигнал.

19. Способ по п.18, отличающийся тем, что дополнительно демодулируют четвертый модулированный сигнал для получения четвертого демодулированного сигнала, односторонне ограничивают до нуля поднесущие, не передающие данные, в четвертом демодулированном сигнале и модулируют четвертый демодулированный сигнал для получения пятого модулированного сигнала.

20. Способ по п.14, отличающийся тем, что указанные векторы символов данных дополнительно включают в себя совокупность точек созвездия, представляющих символы данных, при этом указанные точки созвездия имеют синфазную составляющую и квадратурную составляющую, а при предварительном искажении дополнительно масштабируют синфазную составляющую каждой точки созвездия до величины, которая превышает первую заданную часть

ожидаемой величины синфазной составляющей либо равна ей, масштабируют квадратурную составляющую каждой точки созвездия до величины, которая превышает вторую заданную часть ожидаемой величины квадратурной составляющей либо равна ей.

21. Способ по п.14, отличающийся тем, что при модулировании совокупности поднесущих с помощью совокупности символов данных для получения первого модулированного сигнала дополнительно осуществляют модуляцию с помощью квадратурной фазовой манипуляции.

22. Способ по п.21, отличающийся тем, что поднесущие указанной совокупности поднесущих являются ортогональными мультиплексированными с частотным разнесением поднесущими.

23. Способ по п.14, отличающийся тем, что при ограничении величины первого модулированного сигнала для получения первого ограниченного модулированного сигнала дополнительно устанавливают максимальную величину первого модулированного сигнала на заданную постоянную величину.

24. Способ по п.14, отличающийся тем, что при ограничении величины модулированного сигнала для получения первого ограниченного модулированного сигнала дополнительно устанавливают максимальную величину первого модулированного сигнала на заданную величину, определяемую пересчитанной в масштабе кривой Z.

25. Способ по п.14, отличающийся тем, что дополнительно нормализуют указанные модулированные поднесущие.

26. Способ по п.14, отличающийся тем, что при модулировании совокупности поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала дополнительно применяют обратное быстрое преобразование Фурье к указанным векторам символов данных, применяют циклический префикс к указанным векторам символов данных указанным символам данных.

27. Радиочастотный передатчик, обеспечивающий уменьшенное отношение максимальной мощности к средней в радиочастотном сигнале, содержащий

средство (36), предназначенное для модулирования совокупности поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных для получения первого модулированного сигнала, средство (40), предназначенное для ограничения величины первого модулированного сигнала для

получения первого ограниченного модулированного сигнала, и средство (42), предназначенное для демодулирования первого ограниченного модулированного

сигнала для восстановления векторов символов данных, отличающийся тем, что содержит средство (44), предназначенное для предварительного искажения

восстановленных векторов символов данных в целях обеспечения минимальной величины для их синфазных и квадратурных составляющих для получения

предварительно искаженных векторов символов данных, средство (46), предназначенное для модулирования совокупности несущих с помощью

предварительно искаженных векторов

символов данных для получения второго модулированного сигнала, средство (48), предназначенное для ограничения величины второго модулированного сигнала, для получения второго ограниченного модулированного сигнала, средство (50), предназначенное для уменьшения интермодуляционных составляющих во втором ограниченном модулированном сигнале.

28. Радиочастотный передатчик, обеспечивающий уменьшенное отношение максимальной мощности к средней в радиочастотном сигнале, содержащий средство (36), предназначенное для модулирования совокупности поднесущих с помощью совокупности векторов символов данных, для получения первого модулированного сигнала, причем первая группа поднесущих находится в верхней и нижней боковых полосах радиоканала, а вторая группа поднесущих находится в центральной полосе радиоканала, и средство (40), предназначенное для ограничения величины первого модулированного сигнала, для получения первого ограниченного модулированного сигнала, и для удаления интермодуляционных составляющих в первом ограниченном модулированном сигнале, отличающийся тем, что содержит средство (42), предназначенное для демодулирования

5

10

15

20

25

30

35

40

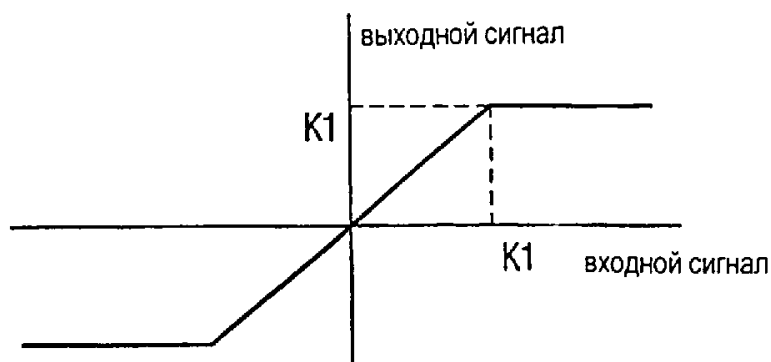
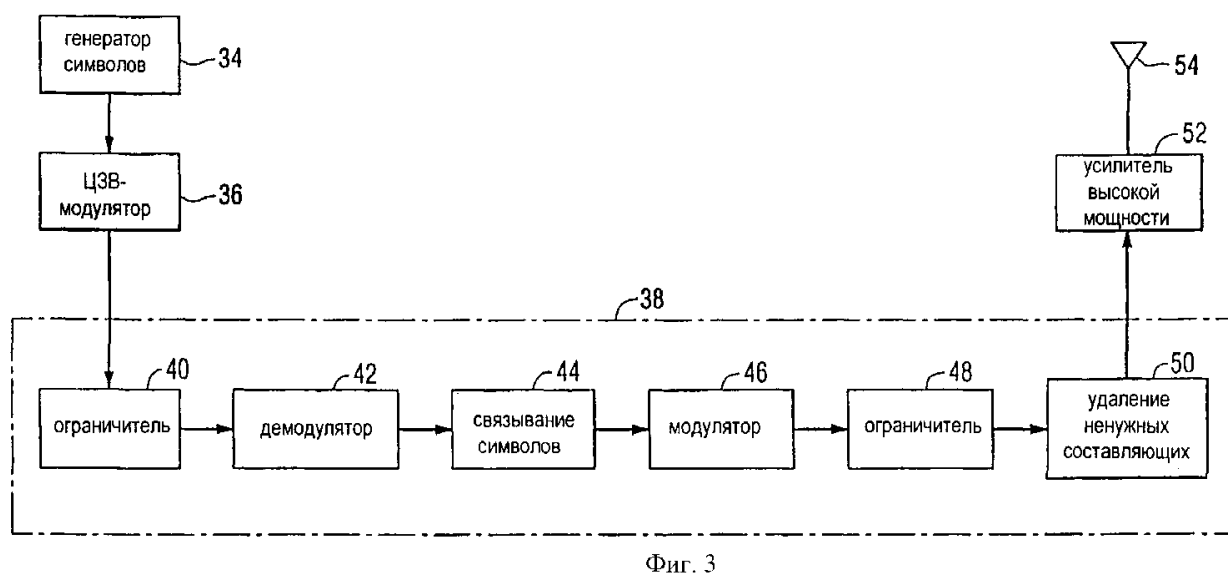
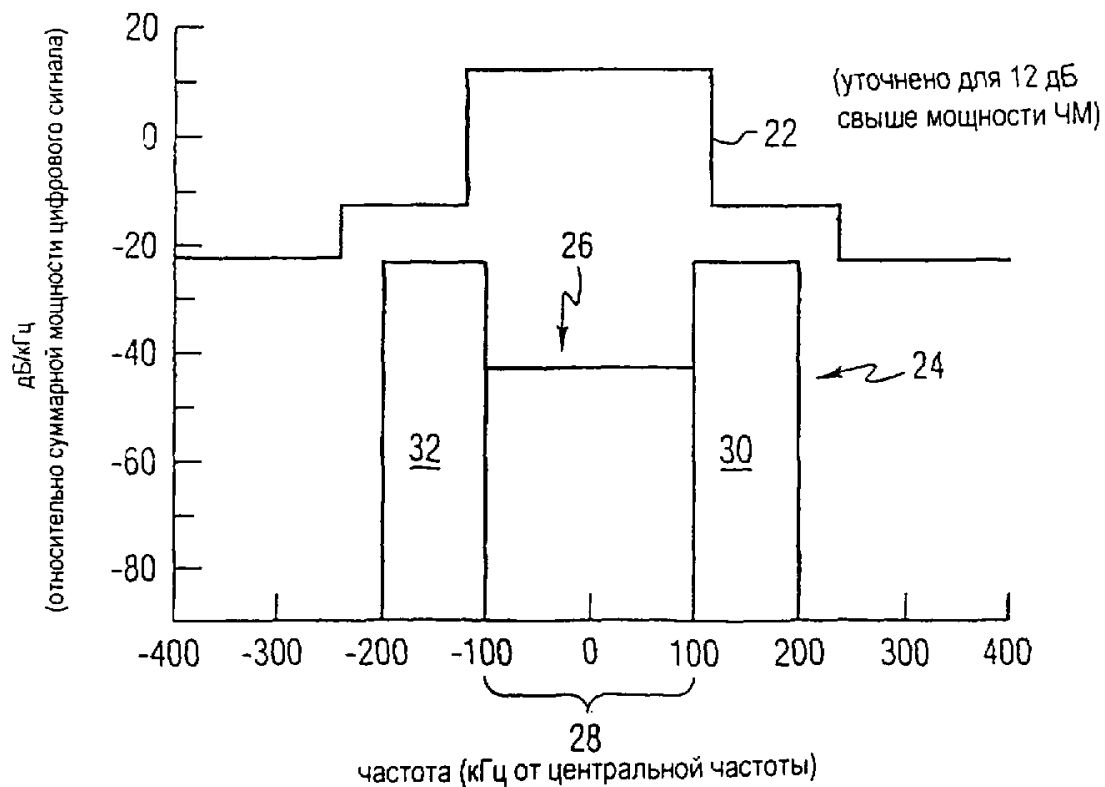
45

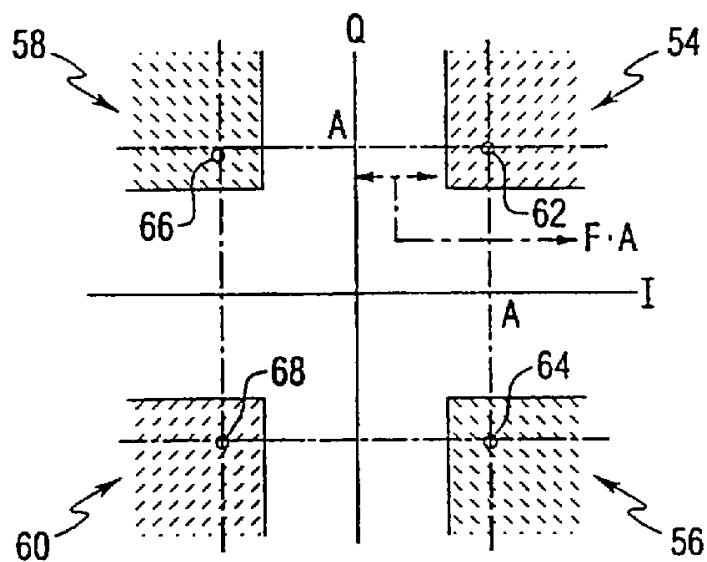
50

55

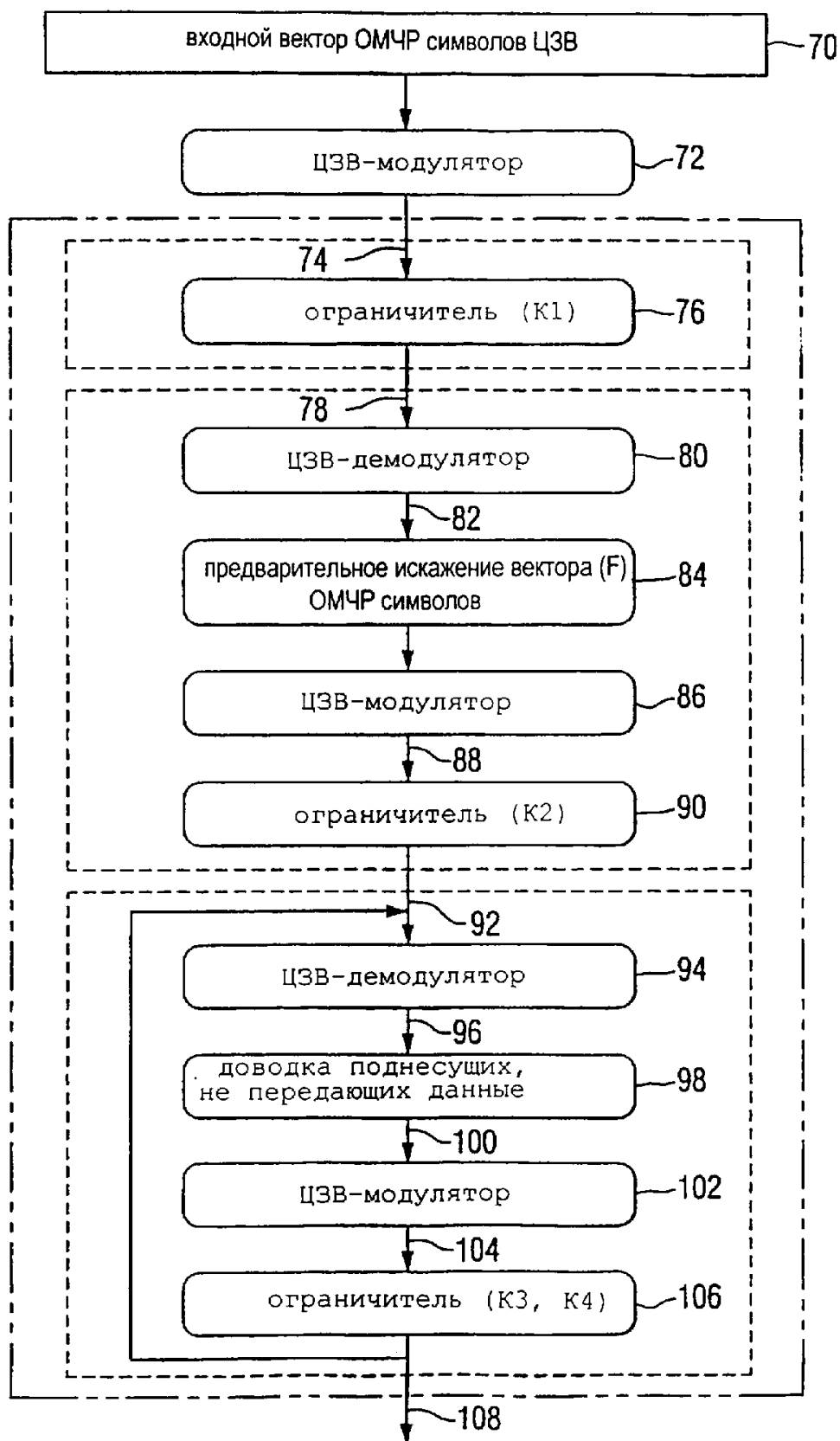
60

первого ограниченного модулированного сигнала, для восстановления точек созвездия данных, представляющих символы данных, средство (44), предназначенное для предварительного искажения векторов символов данных в первой и второй группах поднесущих, чтобы обеспечить минимальную величину для их синфазных и квадратурных составляющих, для получения предварительно искаженных векторов символов данных, средство (46), предназначенное для модулирования совокупности несущих с помощью предварительно искаженных векторов символов данных, для получения второго модулированного сигнала, средство (48), предназначенное для ограничения величины второго модулированного сигнала, для получения второго ограниченного модулированного сигнала, средство (50), предназначенное для удаления интермодуляционных составляющих во втором ограниченном модулированном сигнале, и средство (44), предназначенное для предварительного искажения векторов символов данных во второй группе поднесущих, чтобы обеспечить минимальную величину для их синфазных и квадратурных составляющих, для получения дополнительных предварительно искаженных векторов символов данных.

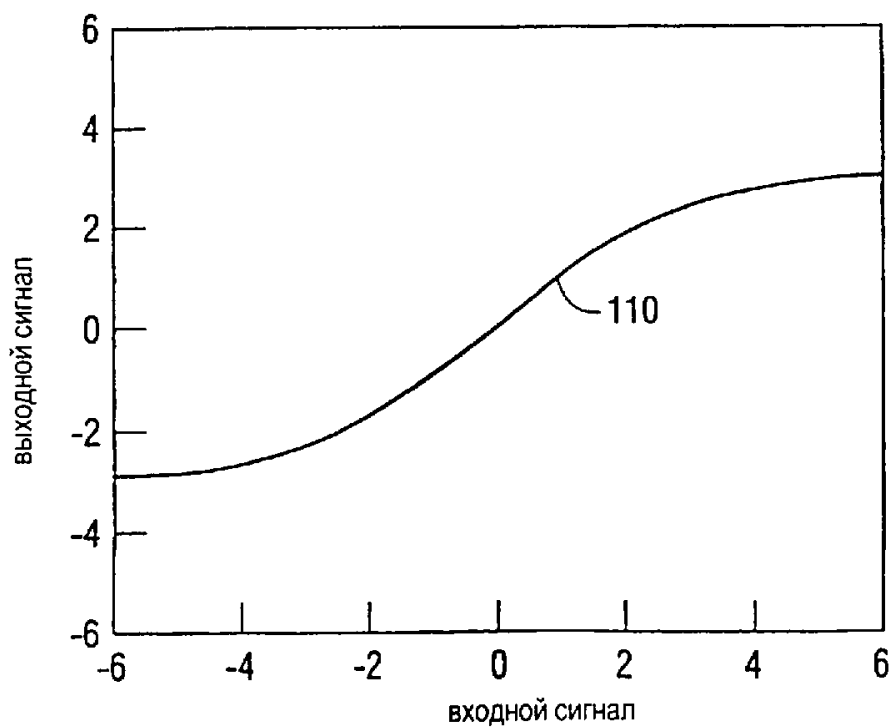




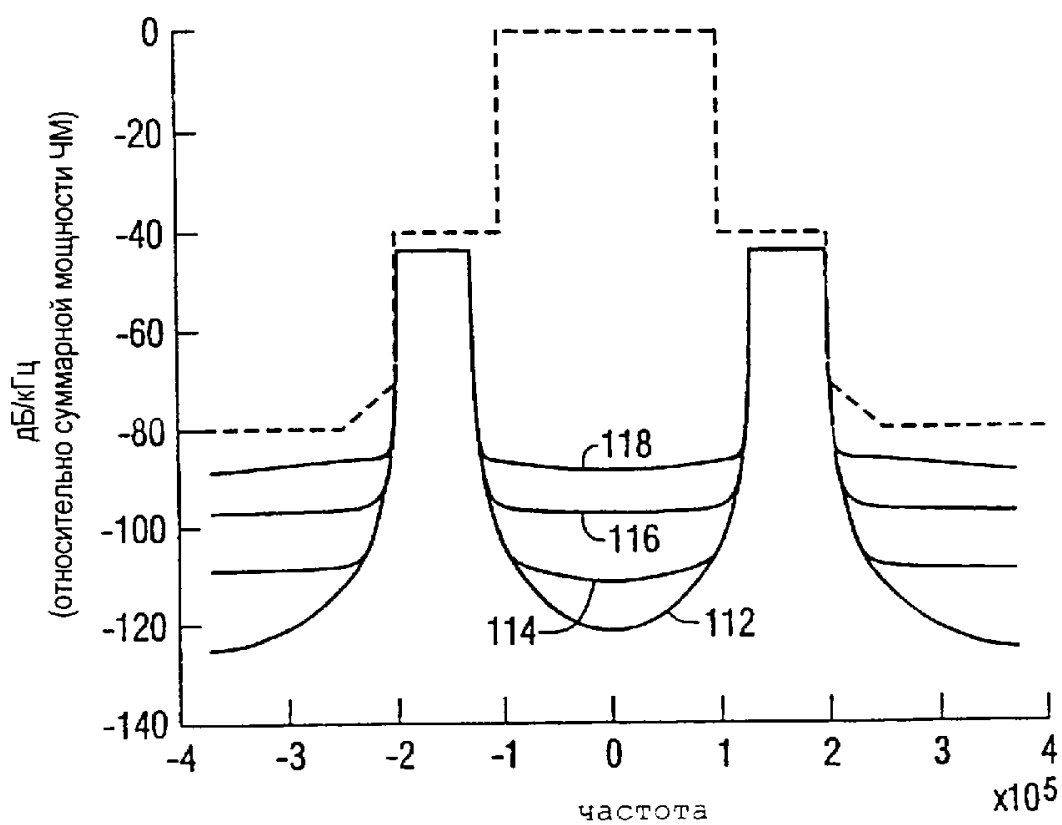
Фиг. 5



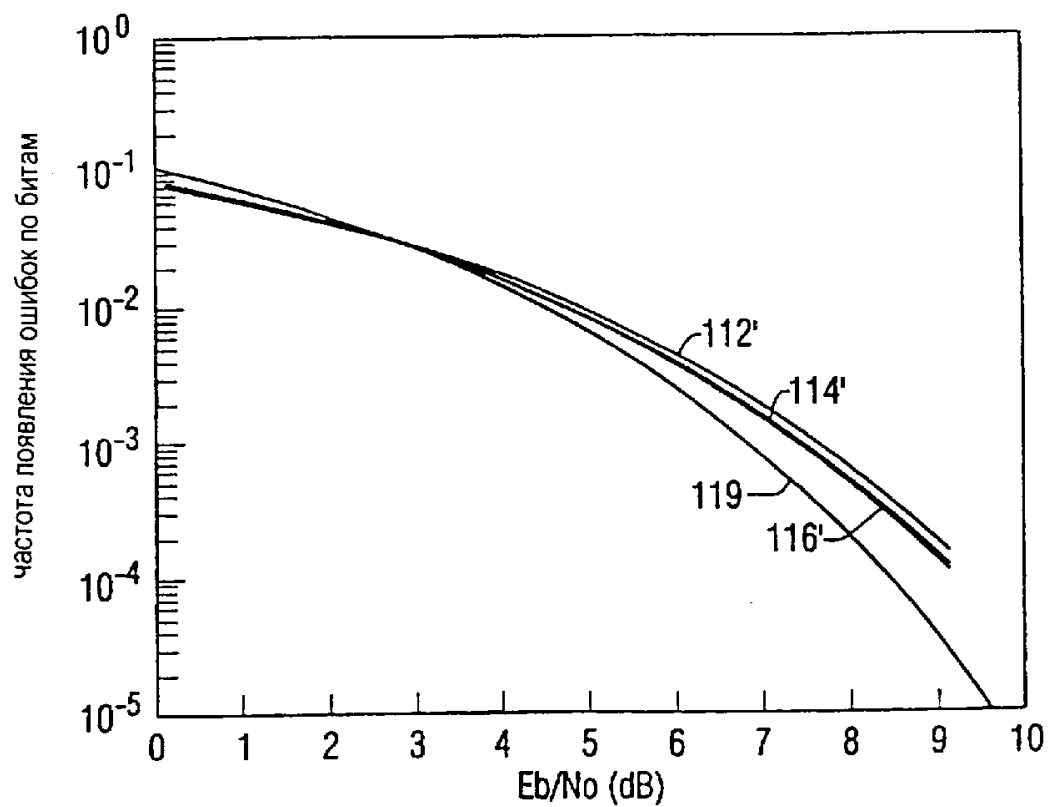
Фиг. 6



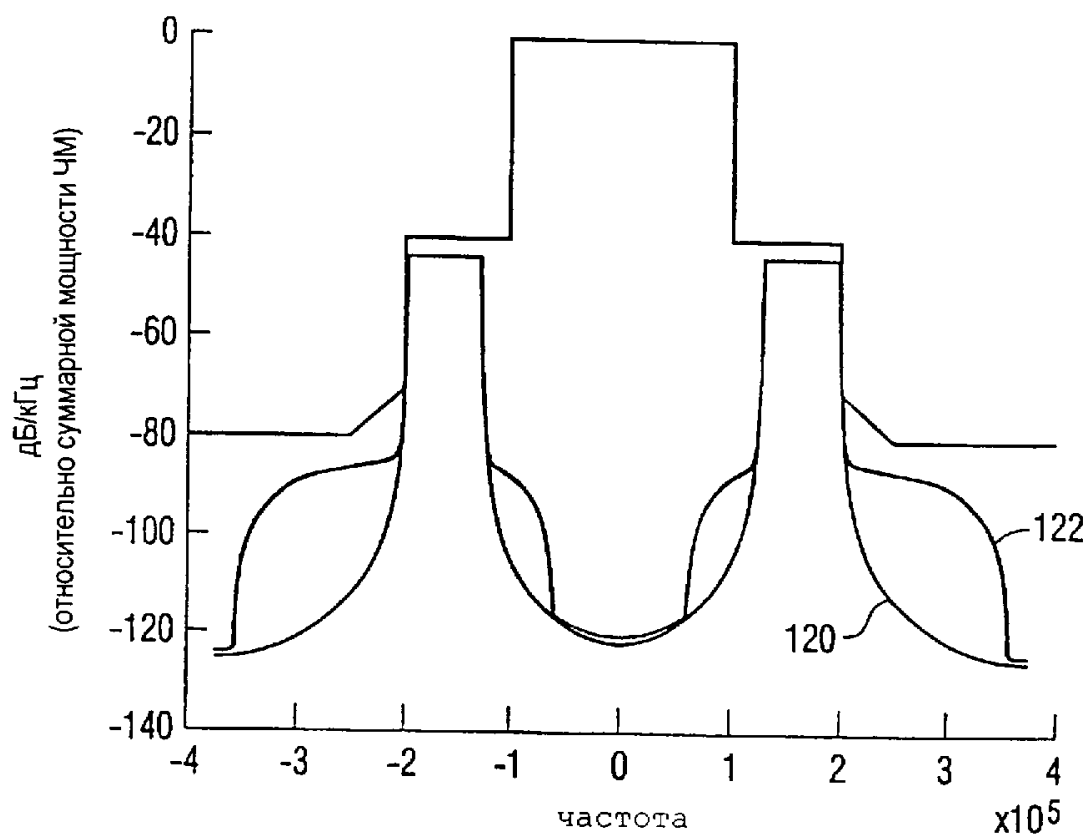
Фиг. 7



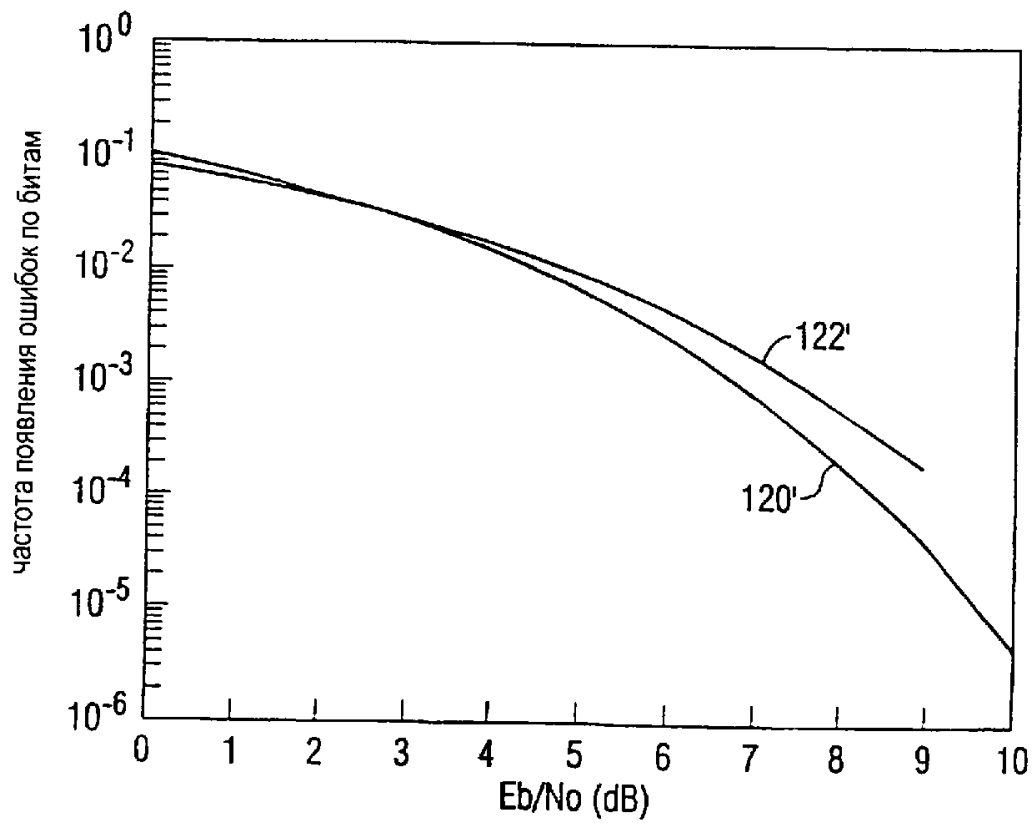
Фиг. 8



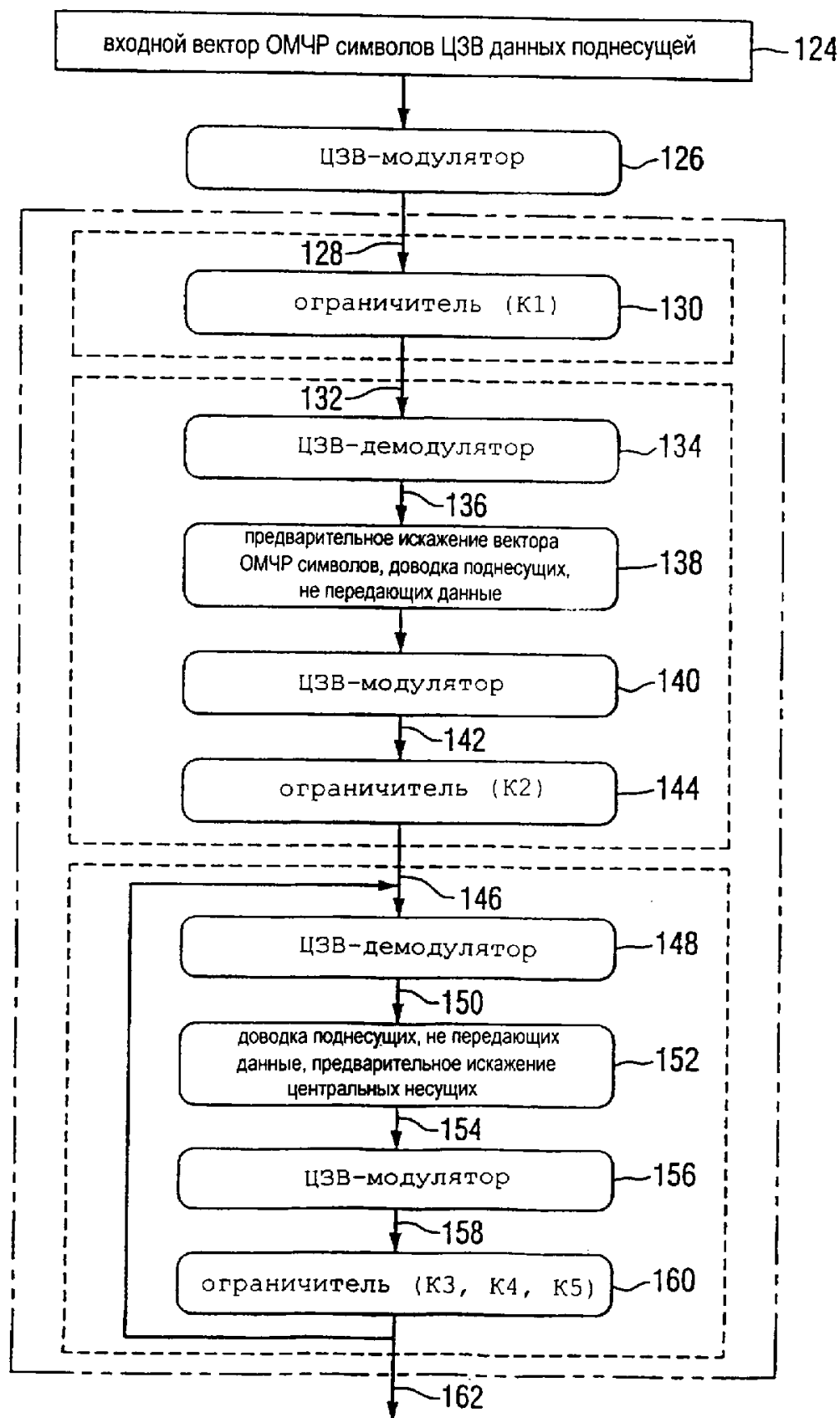
Фиг. 9



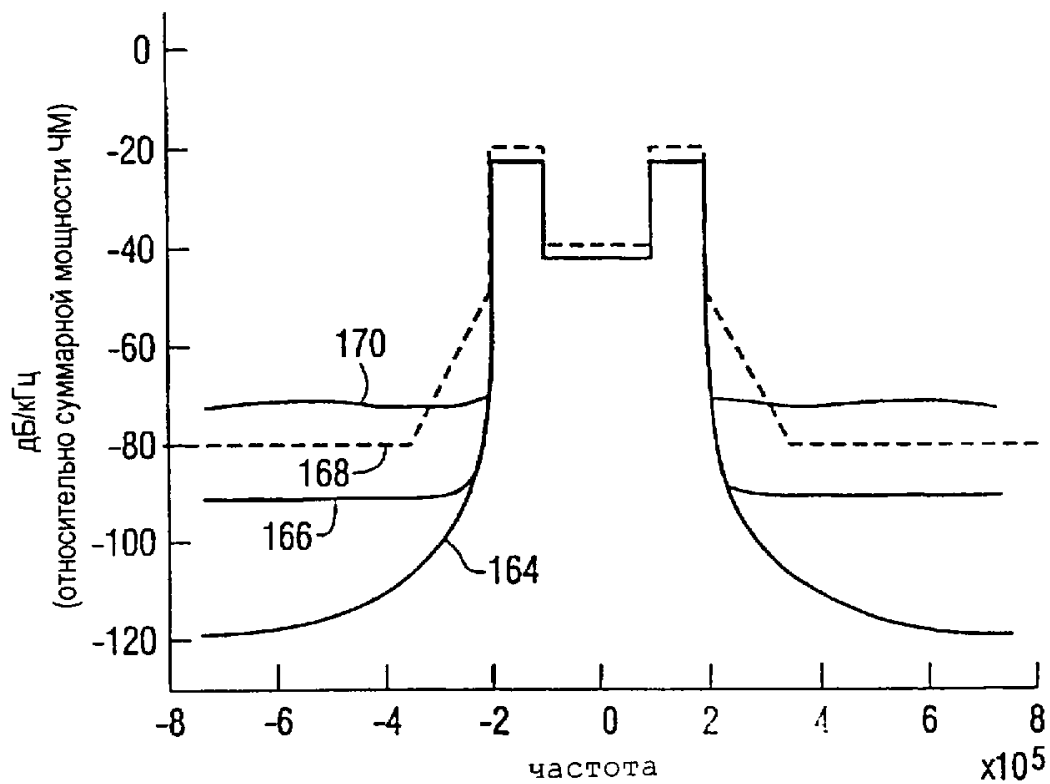
Фиг. 10



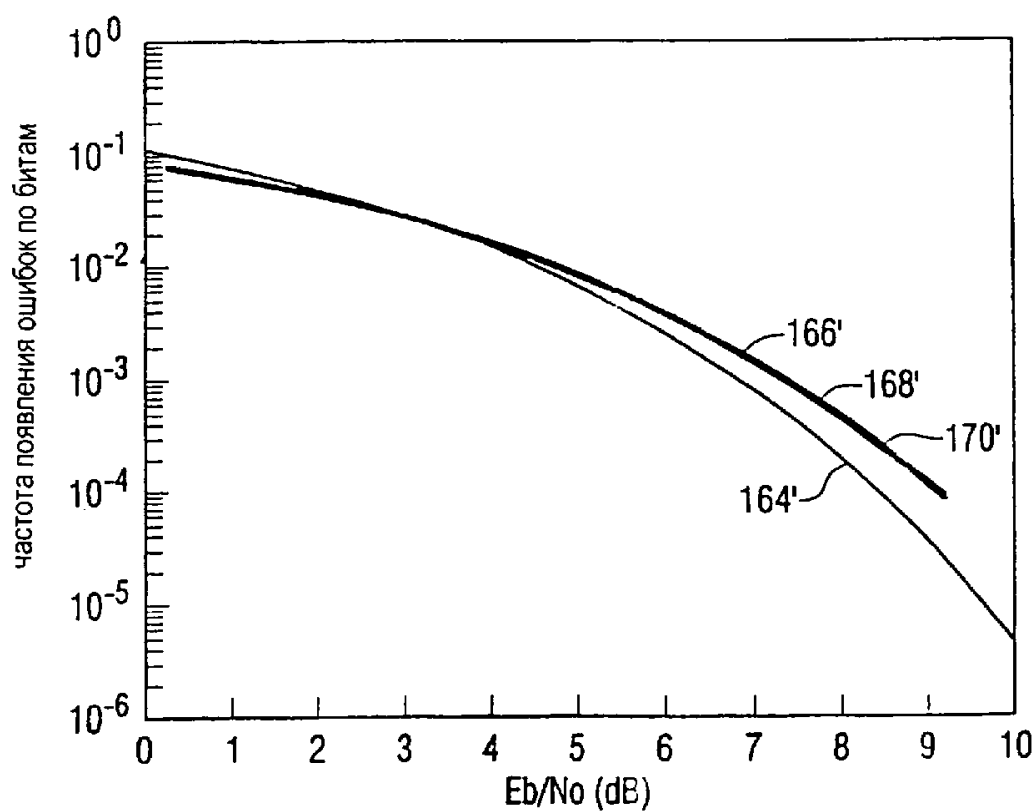
Фиг. 11



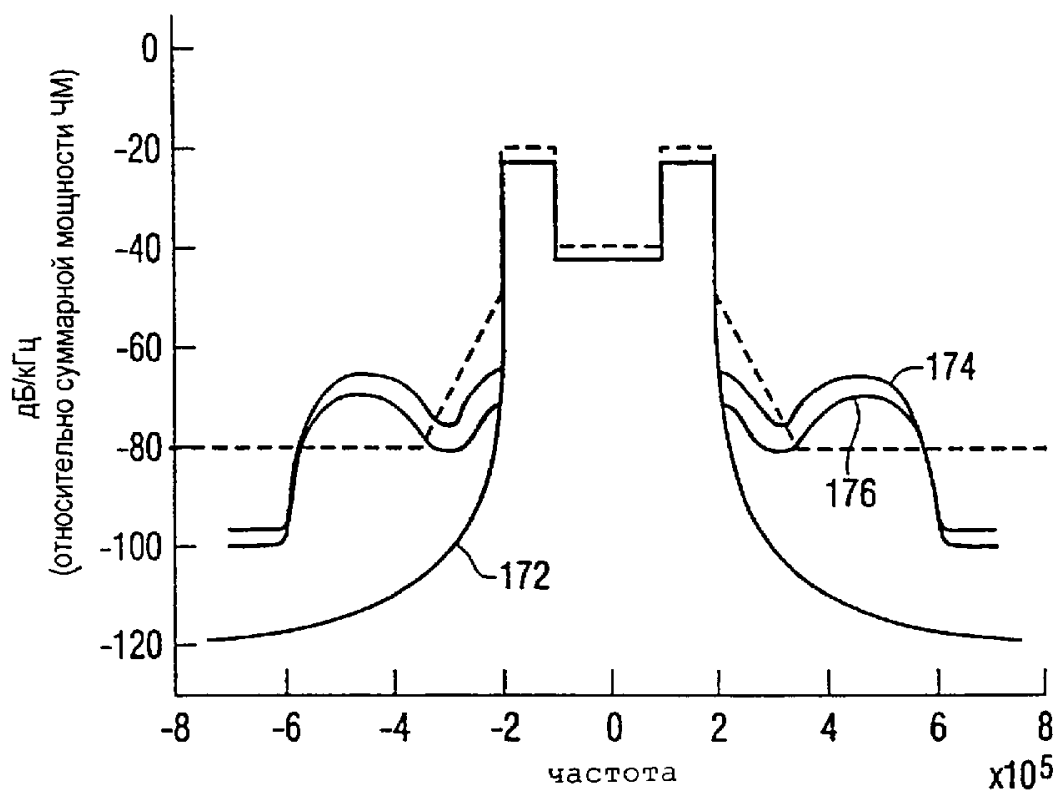
Фиг. 12



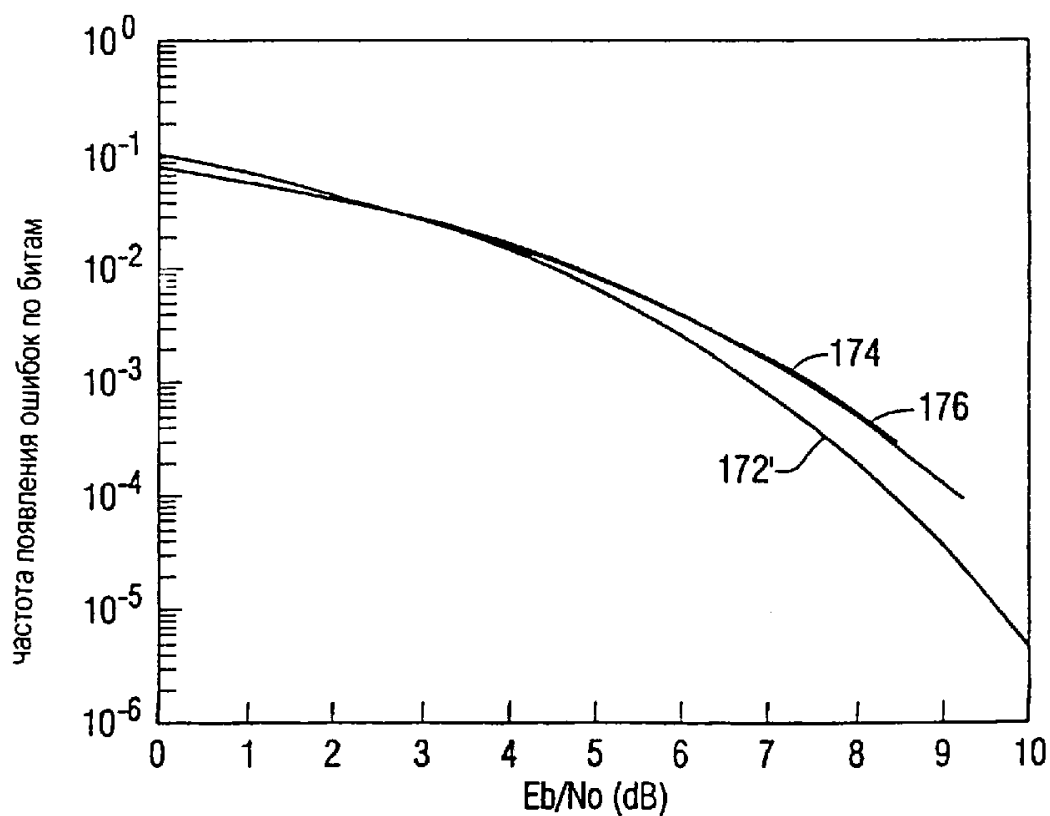
Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16