(19) **RU** (11) **2 134 482** (13) **C1**

(51) МПК[6] **H 03 B 1/04**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: **96102771/09, 20.04.1995**

(30) Приоритет: **21.04.1994 US 08/230916**

(46) Дата публикации: **10.08.1999**

(56) Ссылки: **WO 90/14710 A, 29.11.90. EP 0163313 A, 04.12.85. GB 2128828 A, 02.05.84. VUS 4044357 A, 23.08.77. SU 1490721 A, 30.06.89.**

(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: **21.01.96**

(86) Заявка PCT:
US 95/05139 (20.04.95)

(87) Публикация PCT:
WO 95/29542 (02.11.95)

(98) Адрес для переписки:
103735, Москва, ул.Ильинка 5/2, Союзпатент, Патентному поверенному Дудушкину С.В.

(71) Заявитель:
Эрикссон Инк. (US)

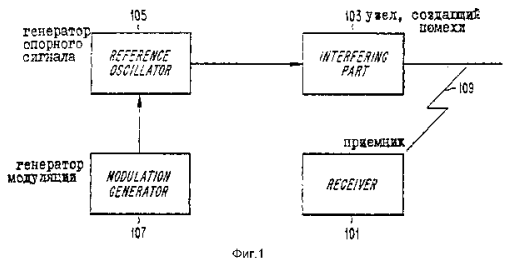
(72) Изобретатель: **Карл Б.Линдолл (SE)**

(73) Патентообладатель:
Эрикссон Инк. (US)

(54) СПОСОБ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОМЕХ В ЭЛЕКТРОННОМ ОБОРУДОВАНИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для уменьшения нежелательных электромагнитных излучений. Электронное устройство включает генератор опорной частоты и узел, создающий помехи, который генерирует сигнал помехи, имеющий спектральную составляющую внутри ширины полосы пропускания приемника. Генератор опорной частоты подает сигнал опорной частоты, из которого образуются помехи, в узел, создающий помехи. При этом амплитуда сигнала помехи внутри ширины полосы пропускания приемника уменьшается посредством угловой модуляции сигнала опорной частоты с помощью синусоидального сигнала для того, чтобы сформировать угловой модулированный сигнал помехи, имеющий уменьшенную амплитуду несущей и боковые полосы модуляции, находящиеся вне ширины полосы пропускания приемника. Угловой модулированный сигнал помехи предпочтительно имеет коэффициент модуляции β, который определяется из уравнения $J_o(\beta) = 0$, где J_o - функция Бесселя первого рода. Угловая модуляция может быть выполнена посредством применения прямой частотной модуляции генератора опорной частоты с помощью синусоидального сигнала для генерирования модулированного опорного сигнала, а затем подачи модулированного опорного сигнала в узел, создающий помехи, или посредством фазовой модуляции сигнала опорного генератора с помощью синусоидального сигнала до подачи его в узел, создающий помехи. Если сигнал помехи имеет спектральную составляющую помехи внутри ширины полосы частот измерения, амплитуда спектральной составляющей помехи уменьшается путем использования детермированного модулирующего сигнала без шумов, например модулирующего сигнала пилообразной формы для угловой модуляции тактового сигнала, из которого образуется сигнал помехи, что и является достигаемым техническим результатом. 4 с. и 21 з.п. ф-лы, 14 ил.



Фиг.1

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

(19) **RU** (11) **2 134 482** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **H 03 B 1/04**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 96102771/09, 20.04.1995

(30) Priority: 21.04.1994 US 08/230916

(46) Date of publication: 10.08.1999

(85) Commencement of national phase: 21.01.96

(86) PCT application:
US 95/05139 (20.04.95)

(87) PCT publication:
WO 95/29542 (02.11.95)

(98) Mail address:
103735, Moskva, ul.Il'inka 5/2, Sojuzpatent,
Patentnomu poverennomu Dudushkinu S.V.

(71) Applicant:
Ehriksson Ink. (US)

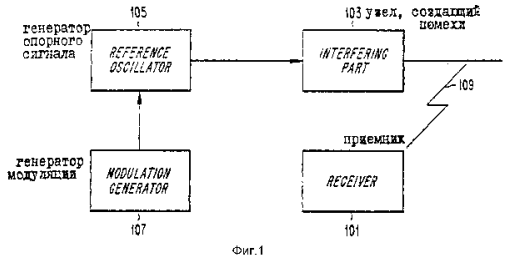
(72) Inventor: Karl B.Lindoll (SE)

(73) Proprietor:
Ehriksson Ink. (US)

(54) METHOD FOR REDUCING NOISE IN ELECTRONIC EQUIPMENT

(57) Abstract:

FIELD: electromagnetic wave reducing devices. SUBSTANCE: device has frequency standard and noise-producing unit that generates noise signal whose spectral component is inside receiver bandwidth. Frequency standard sends noise-producing reference-frequency signal to noise-producing unit. Noise signal amplitude inside receiver bandwidth is reduced due to angle modulation of reference signal by means of sine-wave signal in order to shape angle modulated noise signal having lower carrier amplitude and side modulation bands beyond receiver bandwidth. Preferable percentage of angle modulated noise signal is β found from equation $J_0(\beta) = 0$, where J_0 is first-order Bessel function. Angle modulation can be effected by using direct frequency modulation of frequency standard with aid of sine-wave signal to generate modulated reference signal which is then supplied to noise-producing unit; it can be also provided by phase modulation of frequency standard signal with aid of sine-wave signal before it is supplied to noise-producing unit. If noise signal incorporates spectral component of noise inside measurement frequency bandwidth, amplitude of spectral noise component is reduced by using determined noise-free modulating signal, such as sawtooth modulating signal, for angle modulation of clock signal to form noise signal. EFFECT: enlarged functional capabilities. 25 cl, 14 dwg



Фиг.1

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

Изобретение относится к задающим и тактовым генераторам в электронном оборудовании и, в частности, к способам и устройствам для уменьшения нежелательных электромагнитных излучений от этих задающих и тактовых генераторов.

В современном электронном оборудовании широко используются задающие и тактовые генераторы. В качестве примеров такого оборудования можно привести персональные компьютеры, домашние электронные устройства и бытовую технику, которая в настоящее время обычно содержит микропроцессоры и цифровые схемы, телефонные аппараты, радиооборудование, включая сотовые телефоны, и любые устройства, имеющие источник питания, где используется коммутация.

Характерным свойством задающих и тактовых генераторов является нежелательное излучение электромагнитной энергии, которое может создать проблемы не только для другого, находящегося рядом оборудования, но также и для окружающих цепей внутри той же части оборудования, где находятся задающие и тактовые генераторы. Например, задающий генератор в схеме, находящейся внутри радиоприемника, может создать помехи в радиоприемнике, излучая нежелательные сигналы на частоте, на которой приемник чувствителен к помехам, например, в соответствующем приемном канале, либо на промежуточной частоте в супергетеродинном приемнике. Используемое в данном описании слово "помехи" может относиться как к помехам от паразитного излучения, так и к кондуктивным помехам (наводкам по цепи питания). Во многих радиосистемах все предназначенные для внутреннего пользования задающие частоты обеспечиваются одним и тем же высокоточным генератором опорной частоты, который может генерировать помехи на частоте основной гармоники и частотах других гармоник и субгармоник этого генератора. Едва ли практически осуществимо, если вообще возможно настроить генератор так, чтобы избежать этих помех, поскольку отклонения частоты задающего генератора слишком велики. Это часто случается в сотовом радиооборудовании и в связанных с ним базовых станциях, а также во многих других радиоустановках.

Одно из известных решений проблемы уменьшения гармонических помех, генерируемых тактовым сигналом в радиоприемнике, раскрыто в патенте США N 5,263,055, от 16 ноября 1993. В этом патенте раскрыто использование генератора сигналов с расширенным частотным спектром и модулятора сигналов. Сигнал с расширенным частотным спектром формируется генератором псевдослучайного шума и имеет характеристики белого шума. Модулятор сигнала с помощью сигнала с расширенным частотным спектром модулирует тактовый сигнал для получения модулированного тактового сигнала, включая модулированную гармоническую частотную составляющую. Это приводит к тому, что уровень мощности модулированной гармонической частотной составляющей, соответствующей гармонической частотной составляющей, создающей помехи в отфильтрованном сигнале, распределится по ширине полосы частот большей, чем заданная ширина полосы пропускания, что вызовет уменьшение уровня мощности модулированной гармонической частотной составляющей внутри заданной ширины полосы частот.

В японской патентной заявке N 61-95651, опубликованной 14 мая 1986 года, раскрыта система, весьма похожая на систему согласно патенту США. В радиоприемнике опорный сигнал, имеющий центральную частоту f_o которая используется в качестве тактового сигнала внутри приемника, подвергается угловой модуляции с помощью шумового сигнала, выдаваемого источником модулирующего сигнала. Если центральная частота сигнала, подлежащего приему, существенно больше, чем частота опорного сигнала f_o, частотный спектр n-ой гармоники, вызывающей прерывание приема, существенно расширяется и помехи значительно уменьшаются.

Проблемы, присущие вышеописанным способам, заключаются в том, что использование шумового сигнала для расширения гармоник опорного сигнала не обеспечивает возможностей для полного исключения всех боковых полос частот внутри ширины полосы пропускания приемника (в этом контексте ширина полосы пропускания приемника означает ширину полосы частот вокруг назначенной частоты канала, в котором сигналы помех могут ухудшить прием, если приемник настроен на этот канал). В лучшем случае, эти боковые полосы могут быть в какой-то степени ослаблены, причем коэффициент затухания эквивалентен отношению ширины полосы пропускания приемника к расширенной ширине полосы пропускания.

Другой недостаток этих систем состоит в том, что генераторы шумов сами по себе сложны при реализации, что удорожает разработку и изготовление схемы.

Подобные же проблемы, связанные с нежелательным излучением, имеют место и в других типах электронного оборудования, которое содержит задающие и тактовые генераторы с определенной постоянной частотой. В таком оборудовании часто случается, что сигнал тактового или задающего генератора порождает множество других сигналов таким образом, что нежелательное излучение проявляется в виде линейчатого спектра, занимающего широкую полосу частот. Часто в излучаемом спектре имеются доминирующие составляющие, кратные тактовой частоте или кратные субгармоникам тактовой частоты. Точное положение и амплитуда этих составляющих может зависеть от состояния оборудования, но доминантные линии, тем не менее, остаются.

Из-за проблем потенциальной совместимости различных систем, основанных на тактовых и задающих генераторах, необходимо, чтобы такое оборудование удовлетворяло национальным и международным стандартам, относящимся к электромагнитной совместимости (EMC). Эти стандарты определяют максимальный уровень электромагнитного излучения, который допустим для любой части электронного оборудования. Нежелательное

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

излучение часто измеряется в соответствии с техническими стандартами с использованием квазипикового детектора с полосой пропускания 120 кГц. Линия в излучаемом спектре даст выходной сигнал от детектора, соответствующий ее амплитуде. Если внутри ширины полосы пропускания детектора имеется несколько линий, выходной сигнал будет примерно равен сумме их амплитуд.

В электронных схемах нежелательное излучение традиционно поддерживается ниже максимальных порогов посредством разработки средств защиты печатных плат, развязок и экранирования, использования симметричных шин, низких уровней мощности и других общеизвестных принципов проектирования. Однако эти способы часто являются неадекватными при уменьшении нежелательных излучений до приемлемого уровня.

Целью настоящего изобретения является создание способа и устройства, которые смогли бы ослабить нежелательное излучение электромагнитной энергии от задающих и тактовых генераторов до уровня, позволяющего избежать помех для других расположенных рядом схем и оборудования.

Другой целью изобретения является создание способа и устройства, которые смогли бы ослабить нежелательное излучение электромагнитной энергии тактовыми и задающими генераторами до уровня, удовлетворяющего различным национальным и международным стандартам, относящимся к такого рода излучению.

Один аспект настоящего изобретения находит применение в электронных устройствах, включающих генератор опорной частоты и узел, создающий помехи, который генерирует сигнал помехи, спектральная составляющая которого находится внутри полосы пропускания приемника, причем генератор опорной частоты подает сформированный опорный сигнал в узел, создающий помехи, из которого получается сигнал помехи. Согласно изобретению амплитуда сигнала помехи внутри ширины полосы пропускания приемника уменьшается посредством угловой модуляции сформированного опорного сигнала с помощью синусоидального модулирующего сигнала, в результате чего узел, создающий помехи, генерирует угловой модулированный сигнал помехи, имеющий модулированные боковые полосы, которые находятся вне ширины полосы пропускания приемника, и ослабленную несущую внутри ширины полосы пропускания приемника.

В предпочтительном варианте реализации изобретения синусоидально модулированный сигнал помехи имеет коэффициент модуляции β, определяемый из уравнения $J_o(\beta) = 0$, где J_o является функцией Бесселя первого рода. Удовлетворительным может считаться значение β, которое существенно уменьшает напряжение несущей модулированного сигнала помехи до уровня, который обеспечивает приемлемый уровень помех приемника. Частота модулирующего сигнала выбирается таким образом, чтобы боковые полосы модуляции находились вне ширины полосы пропускания приемника. Частота модуляции, превышающая ширину полосы пропускания приемника, обеспечит достижение цели, куда бы внутри ширины полосы пропускания не попала бы несущая помехи. Достаточно половины ширины полосы пропускания, если несущая попадает точно в центр полосы пропускания.

Угловая модуляция может быть выполнена посредством использования прямой частотной модуляции генератора опорной частоты с помощью синусоидального модулирующего сигнала для генерирования модулированного опорного сигнала и затем подачи модулированного опорного сигнала в узел, создающий помехи, для генерирования углового модулированного сигнала помехи, имеющего спектральные составляющие, находящиеся вне ширины полосы пропускания приемника. Как вариант угловая модуляция может быть выполнена посредством фазовой модуляции сформированного опорного сигнала с помощью синусоидального модулирующего сигнала до его подачи в узел, создающий помехи, так что узел, создающий помехи, генерирует угловой модулированный сигнал помехи, имеющий боковые полосы модуляции, находящиеся вне ширины полосы пропускания приемника. Если используется последний способ, немодулированный сформированный опорный сигнал может быть подан в узел электронного устройства, не создающий помехи. Это полезно, когда желательно подавать в узел, не создающий помехи, немодулированный сигнал.

Другой аспект настоящего изобретения находит применение в электронном устройстве, включающем задающий генератор, который генерирует сигнал помехи, содержащий спектральную составляющую, образующую помехи, внутри ширины полосы частот измерения. Согласно изобретению помеха уменьшается путем использования детерминированного, не содержащего шум модулирующего сигнала, например, пилообразного модулирующего сигнала для угловой модуляции тактового сигнала, из которого получается сигнал помехи, чтобы превратить сигнал помехи в угловой модулированный сигнал помехи, имеющий ослабленную спектральную составляющую внутри полосы частот измерения, причем ослабленная спектральная составляющая меньше, чем спектральная составляющая помехи.

Шаг угловой модуляции тактового сигнала, из которого образуется сигнал помехи, может содержать следующие шаги: использование прямой частотной модуляции опорного тактового генератора, который генерирует опорный тактовый сигнал, а затем подачу вместо тактового сигнала частотно-модулированного тактового сигнала в находящуюся в электронном устройстве схему, генерирующую излучение, причем схема, генерирующая излучение, инициирует генерирование сигнала помехи.

Как вариант шаг угловой модуляции тактового сигнала, из которого образуется сигнал помехи, может включать фазовую модуляцию тактового сигнала, а затем подачу вместо просто тактового сигнала, модулированного по фазе тактового сигнала, в схему, генерирующую излучение внутри электронного устройства, причем схема, генерирующая излучение, инициирует генерирование сигнала помехи.

Согласно одному варианту воплощения

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

этого аспекта изобретения боковая полоса модуляции углового модулированного сигнала помехи превосходит ширину полосы частот измерения.

Согласно еще одному аспекту изобретения, в котором схема тактового генератора сама генерирует комбинированный сигнал, включающий сигнал помехи дополнительно к желаемому тактовому сигналу, помеха может быть уменьшена посредством угловой модуляции комбинированного сигнала, как было описано выше.

В дальнейшем изобретение поясняется конкретным вариантом его воплощения со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых:

фиг. 1 изображает блок-схему электронного оборудования, которое включает первый вариант реализации изобретения согласно первому аспекту изобретения;

фиг. 2 изображает графики уровней излучения, генерируемого схемой, при использовании и без использования приемов согласно изобретению;

фиг. 3 изображает блок-схему альтернативного варианта выполнения согласно первому аспекту изобретения;

фиг. 4 изображает блок-схему электронного оборудования, которое включает другой вариант реализации изобретения согласно второму аспекту изобретения;

фиг. 5 изображает графики уровней излучения, создаваемого схемой, при использовании и без использования приемов согласно второму аспекту изобретения;

фиг. 6 изображает блок-схему еще одного варианта согласно второму аспекту изобретения;

фиг. 7 изображает тактовый сигнал, модулированный пилообразным сигналом согласно одному варианту настоящего изобретения;

фиг. 8 a-d изображает экспериментальные кривые результатов испытаний, в которых использованы различные способы согласно изобретению;

фиг. 9 изображает известную схему фазового модулятора.

Теперь будет описан ряд аспектов настоящего изобретения в соответствии с несколькими вариантами реализации. Сначала будет рассмотрено несколько вариантов, обеспечивающих уменьшение помех радиоприемника от задающего генератора. Затем будет описано несколько вариантов изобретения, обеспечивающих ослабление нежелательного излучения от тактового или задающего генератора до уровней, удовлетворяющих национальным и международным стандартам, относящихся к такому излучению. Во всех примерах к сигналу задающего генератора применяется угловая модуляция для уменьшения нежелательного излучения.

Электронное оборудование может быть, например, радиооборудованием, включающим приемник 101 (фиг.1). В этом примере желательно предотвратить, чтобы узел, создающий помехи, 103, который может являться логической схемой управления, генерировал сильный помехообразующий сигнал 109 на приемной частоте приемника 101. Предположим, что частота приема равна, например, 422.4 МГц и что узел 103, создающий помехи, использует тактовый сигнал с частотой 6.4 МГц, создаваемый опорным генератором 105, который работает на частоте 12.8 МГц. Следовательно, имеется вероятность того, что узел 103, создающий помехи, будет генерировать помехообразующий сигнал, содержащий 66-ю гармонику тактовой частоты. Специалистам будет понятно, что, хотя опорный генератор 105 и узел 103, образующий помехи, могут являться отдельными узлами, как здесь показано в качестве примера, они могут являться одним и тем же узлом. То есть возможно, что опорный генератор будет также генерировать нежелательные гармоники, которые вызовут помехи в полосе пропускания приемника. Однако в дальнейшем опорный генератор 105 и узел 103, создающий помехи, рассматриваются как отдельные части исключительно с целью иллюстрации различных особенностей изобретения. Однако такой подход, обсуждаемые здесь принципы и способы в рамной степени применимы и в случае, когда опорный генератор сам генерирует нежелательный сигнал помехи.

Согласно изобретению сигнал помехи существенно затухает посредством применения угловой модуляции к опорному генератору 105. Угловая модуляция выполняется посредством прямой частотной модуляции генератора опорной частоты 105. Этот способ в равной степени применим и в случае, когда генератор опорной частоты 105 и узел 103, образующий помехи, представляют собой одно и то же, как упоминалось выше. Способы частотной модуляции хорошо известны специалистам и здесь подробно не описываются. Специалистам понятно, что та же самая угловая модуляция в качестве альтернативного варианта может быть выполнена посредством применения фазовой модуляции к выходному сигналу генератора опорной частоты 105. В любом случае модулирующий сигнал выбирается таким образом, чтобы он был детерминированным сигналом без шумов (в противоположность случайным и псевдослучайным сигналам, имеющим характеристики белого шума), предпочтительно синусоидальным, формирующим модулированный сигнал с коэффициентом модуляции, который приводит к уменьшению сигнала несущей частоты на частоте приема.

Выбор детерминированного модулирующего сигнала без шумов, например синусоидальной формы, вместо формы сигнала, имеющего характеристики белого шума, дает возможность согласно изобретению достичь большего затухания внутри некоторой ширины полосы пропускания, с частотой помехообразующей гармоники в центре. Это происходит потому, что синусоидальная модуляция может быть выполнена так, что все боковые полосы будут выведены за пределы заданной ширины полосы частот. Для сравнения использование белого шума в качестве модулирующего сигнала позволяет получить лишь затухание, эквивалентное отношению ширины полосы пропускания приемника к ширине расширенной полосы пропускания. Таким

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

образом, настоящее изобретение позволяет достичь существенного затухания с помощью значительно меньшей модуляции, если правильно выбран модулирующий сигнал.

Синусоидальный модулирующий сигнал должен выбираться так, чтобы коэффициент модуляции модулированного сигнала определялся из уравнения $J_o(\beta) = 0$, где β - коэффициент модуляции, J_o - функция Бесселя первого рода. В предпочтительном варианте коэффициент модуляции β выбирается, например, из таблицы функций Бесселя так, чтобы он удовлетворял соотношению $J_o(\beta) \leq R$, где R - желаемое отношение уменьшенного уровня напряжения несущей модулированного сигнала к уровню напряжения несущей немодулированного сигнала. Если R = 0,1 (эквивалентно затуханию 20 дБ), этому удовлетворяет на частоте помех значение β в диапазоне от 2.2 до 2.4. Специалистам будет понятно, что подходящее значение для R зависит от восприимчивости к помехам конкретного приемника. Кроме того, частота модуляции выбирается такой, чтобы боковые полосы модуляции формировались вне ширины полос пропускания частот приемника. Помехообразующий сигнал 109 уменьшается посредством использования генератора модуляции 107 для модуляции выходного сигнала генератора 105 опорной частоты путем использования модулирующего сигнала, имеющего коэффициент модуляции 2.4 при частоте 422.4 МГц и частоты модуляции 60 кГц, что выводит боковые полосы модуляции вне ширины полосы пропускания приемника 8 кГц. Такое затухание получается в результате того, что при некоторых коэффициентах модуляции, например в окрестности 2.4, спектральная составляющая модулированного сигнала на частоте немодулированной несущей стремится к нулю. Коэффициент модуляции при частоте 6.4 МГц равен лишь 2.4/66=0.0364, что слишком мало, чтобы вызвать сбои в логической схеме управления, т.е. узле 103, образующем помехи.

Следует понимать, что в рассмотренном выше примере выбор 60 кГц в качестве частоты модуляции является произвольным. Может быть использована любая частота, превышающая полосу пропускания приемника. Например, в рассмотренном выше примере подходящей частотой модуляции может быть также 8 кГц.

На фиг. 2a представлен график сигнала помехи 109 без модуляции задающего генератора, а на фиг. 2b - график, иллюстрирующий эффект от способа модуляции сигнала помехи 109 согласно изобретению. Совершенно очевидно, что уровень сигнала помехи на частоте приема существенно уменьшился.

В альтернативном варианте изобретения узел 103, создающий помехи (фиг. 3), генерирует сигнал помехи 109 на частоте приема приемника 101. Здесь электронное оборудование включает также узел 301, не создающий помехи, на который желательно подавать немодулированный сигнал непосредственно от задающего генератора 105. Следовательно, здесь нет возможности непосредственно применять частотную модуляцию к генератору опорной частоты 105. Для разрешения этой ситуации выходной сигнал задающего генератора 105 подается на фазовый модулятор 303, который получает модулирующий сигнал от генератора модуляции 107.

Пример известной схемы фазового модулятора показан на фиг. 9. Способы фазовой модуляции сигнала хорошо известны специалистам и здесь подробно не описываются. Модулирующий сигнал определяется, как было описано выше.

Выходной сигнал фазового модулятора 303 подается затем в узел 103, создающий помехи. При такой конфигурации модулированные тактовые сигналы необходимо подавать только на те узлы, которые создают сигналы помех. Другие узлы, которые не создают помехи или которые не допускают использования модулированного сигнала, могут принимать немодулированный тактовый сигнал, как показано на фиг. 3.

Использование фазовой модуляции приемлемо также в случае, когда задающий генератор 103 сам инициирует генерирование сигнала помехи. Фазомодулированный тактовый сигнал в общем случае может быть распределен по другим узлам устройства. В этом случае может оказаться необходимым дополнительное использование известных принципов проектирования, чтобы уменьшить помехи, которые могут возникать между задающим генератором 103 и фазовым модулятором 303.

Описанные выше варианты основаны на использовании в качестве модулирующего сигнала синусоидальной формы. Однако можно также разработать схему на основе раскрытой концепции, но используя другую детерминированную форму сигнала без шумов, например сигнал прямоугольной формы. Как предлагается, например, в публикации P.F. Panther "Modulation Noise fnd Spectral Analysis" 257-260 (McGraw Hill 1965), ряд Фурье для несущей, которая частотно модулируется прямоугольным сигналом, определяется как

$$e(t) = A_c \sum_{n=-\omega}^{\omega} \frac{z\beta}{\pi(\beta^2 - n^2)} \cdot \sin(\beta - n)\frac{\pi}{2} \cos X$$

$$X(\omega_c + n\omega_m)t = \frac{2A_c}{\pi\beta} \sin\frac{\pi\beta}{2} \cos\omega_c t \quad \text{(несущая)}$$

$$+ \frac{z\beta A_c}{\pi(\beta^2 - 1^2)} \cos\frac{\beta\pi}{2} [\cos(\omega_c - \omega_m)t - \cos(\omega_c + \omega_m)t]$$

(первая пара частот боковой полосы)

$$- \frac{z\beta A_c}{\pi(\beta^2 - 2^2)} \cdot \sin\frac{\beta\pi}{2} [\cos(\omega_c - 2\omega_m)t + \cos(\omega_c + 2\omega_m)t]$$

(вторая пара частот боковой полосы)

Установив $\beta = 2$ в этом уравнении, обнаружено, что амплитуда несущей стремится к нулю. В общем случае коэффициент модуляции β следует выбирать так, чтобы удовлетворять соотношению $(2/\pi\beta)\sin(\pi\beta/2) \leq R$, где R - заданное отношение амплитуды модулированной несущей к амплитуде немодулированной несущей. Точное значение R зависит от требований к конкретной проектируемой схеме. Использование модуляции с достаточно большой ω_m вызывает попадание боковых полос за пределы ширины полосы пропускания приемника.

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

Таким образом, согласно описанному выше аспекту изобретения можно избежать помех, которых в противном случае избежать было бы трудно. Могут быть разработаны небольшие компактные системы с более низкой стоимостью и весом, поскольку понадобится меньше затрат на экранирование и развязку цепей. Проблемы, связанные с вышеописанными помехами, могут быть решены на более поздней стадии при разработке электронного оборудования, что экономит время разработки. Кроме того, улучшается не только одна частота, но все частоты, где коэффициент модуляции достаточно близок, например, к 2.4 для получения желаемого затухания помех. Это важно, потому что помехи от цифровых схем часто появляются в виде гармоник относительно низкой тактовой частоты, вызывающих помехи в нескольких каналах внутри ширины полосы пропускания настройки приемника.

Согласно второму аспекту изобретения угловая модуляция применяется к опорному тактовому сигналу в электронном оборудовании для того, чтобы уменьшить нежелательные электромагнитные излучения до такого уровня, который позволяет соблюдать требования национального и международного стандарта, относящегося к такого рода излучениям. Как было объяснено выше, подобные стандарты устанавливают максимально допустимый уровень электромагнитного излучения от электронного оборудования.

Еще в одном варианте изобретения оборудование 400 включает задающий генератор 401, который обеспечивает тактовый сигнал, используемый схемами 407, создающими излучение, которые генерируют сигнал помех 409. Согласно изобретению, фазовая модуляция применяется к выходному сигналу задающего генератора 401 с помощью фазового модулятора 403. Как вариант, угловая модуляция может быть получена посредством прямого применения частотной модуляции к задающему генератору 401 способом, описанным выше. В любом случае, форма сигнала модуляции представляет собой детерминированный сигнал без шумов и предпочтительно пилообразной формы, которая в данном варианте обеспечивается генератором 405 сигнала модуляции. Использование детерминированного сигнала без шумов, например, пилообразной формы, вместо сигнала белого шума, обеспечивает преимущества, включая то, что такой модулирующий сигнал гораздо проще генерировать. Сигнал пилообразной формы может достаточно просто генерироваться, например, путем интегрирования постоянного напряжения и периодического сброса выходного сигнала.

Эффективность этого варианта вытекает из того обстоятельства, что пилообразно-частотно-модулированный сигнал с большим коэффициентом модуляции имеет спектр с составляющими, имеющими почти равные амплитуды внутри полосы качания частоты модуляции. Каждая спектральная составляющая модулированного сигнала имеет уровень мощности, примерно соответствующий отношению пилообразной частоты модуляции к ширине полосы качания частоты модуляции. Это происходит потому, что спектральные составляющие отстоят на равные интервалы частоты модуляции внутри ширины полосы качания. Количество составляющих внутри ширины полосы качания тогда равно отношению ширины полосы качания к частоте модуляции. Общая мощность сигнала по существу равномерно распределяется между составляющими и каждая из них имеет соответственно меньшую мощность. Этот спектр показан на фигуре 7-11 на странице 260 указанной ссылки Panther.

Если модулированный спектр измеряется с помощью измерителя мощности, имеющего ширину полосы частот B Гц и частота модуляции выбирается большей B, то только одна составляющая в данный момент присутствует внутри полосы пропускания измерителя мощности в спектре модуляции. Измерительный прибор показывает таким образом мощность только одной из составляющих и достигается желаемое ослабление.

Если измерительный прибор представляет собой пиковый ваттметр, целесообразно использовать спектр модуляции, имеющий составляющие с постоянной амплитудой внутри ширины полосы частот измерителя мощности. Тогда измеритель никогда не покажет больше, чем пиковый уровень каждой составляющей, который равен также среднему уровню, поскольку амплитуда постоянна. Это означает, что детерминированная модуляция с равномерным спектром, например пилообразное качание лучше, чем спектр случайного шума с равной спектральной средней энергией внутри ширины полосы частот измерителя, поскольку шумовой сигнал будет иметь пиковое значение более высокое, чем его среднее значение. Пиковый ваттметр покажет более высокую пиковую мощность для шумовой модуляции, чем для модуляции с пилообразным качанием при сопоставимом отклонении частоты.

Выбор пилообразного сигнала с частотой, несколько большей, чем полоса частот измерения, является оптимальным в том смысле, что это дает меньшую пиковую мощность в полосе частот измерения, чем в других вариантах выбора. Это происходит потому, что, если частоту сделать еще выше, то тогда каждая составляющая будет больше. С другой стороны, если частоту сделать меньше, тогда несколько составляющих попадут в полосу измерения, что повысит пиковую мощность, даже если средняя мощность и останется той же самой. Предпочтительно частоту пилообразного сигнала выбирать из диапазона значений частот, имеющего нижнее значение частоты, по существу равное полосе пропускания измерения, а значение верхней частоты по существу - до полуторакратной ширины полосы пропускания.

Для иллюстрации вышеуказанных принципов положим, что ширина полосы частот измерителя мощности чуть меньше 100 кГц и что необходимо обеспечить затухание 10 дБ (то есть в 10 раз) уровней спектральных составляющих в этой ширине полосы частот. Согласно принципам изобретения, описанным выше, может быть использована частота пилообразной

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

модуляции 100 кГц. Для того чтобы получить желаемое уменьшение мощности, мощность сигнала следует распределить по 10 составляющим. Для получения этих десяти составляющих тактовый сигнал должен быть подвергнут угловой модуляции с шириной качания 10 •100 кГц = 1 МГц. Изменение частоты модулированного тактового сигнала 701, который был модулирован посредством желаемого пилообразного сигнала, показано на фиг. 7.

Если электронное оборудование 400 (фиг. 4) представляет собой персональный компьютер, то тактовая частота может составлять 66 МГц. Предположим, что желательно избежать появления помех в районе 900 МГц. Качание частоты 1 МГц, составляющей 900 МГц, потребует качания 66 МГц-ного тактового сигнала свыше (66/900)•1 МГц = 73.3 кГц.

Эффективность этого варианта показана на фиг. 5a и 5b. На фиг. 5a показан график линейчатого спектра сигнала помехи 409, который обычно является результатом непосредственной подачи выходного сигнала опорного генератора 401 к входу схем 407, создающих помехи. Сигнал помехи 409 в этом случае содержит три линии 501, 501', 501". Первая линия 501 попала внутрь ширины полосы частот B_m, в которой должно быть выполнено измерение электромагнитного излучения. Если не использовать настоящее изобретение, амплитуда первой линии 501 превысит максимально допустимую амплитуду A_{max}, установленную национальным и/или международным стандартами.

Для сравнения на фиг. 5b демонстрируется эффект при использовании пилообразной модуляции с качанием частоты к выходному сигналу опорного генератора 401. Здесь сигнал помехи содержит двенадцать линий, расположенных поперек частотного спектра. Однако только третья линия 503 попадает внутрь ширины полосы частот B_m, в которой необходимо выполнить измерение электромагнитного излучения. Амплитуда этой третьей линии 503 меньше, чем максимально допустимая амплитуда A_{max}, установленная национальным и/или международным стандартами.
Следовательно, электронное оборудование 400 удовлетворяет этим требованиям. В действительности при применении угловой модуляции к выходному сигналу опорного генератора 401 линии линейчатого спектра раздвигаются так, что меньшая мощность падает на одну любую полосу, включая ту, в которой детектор выполняет свои измерения излучения. Следует отметить, что этот способ не исключает тестирования, поскольку тестирование дает хорошие результаты изменений возникающих помех. То есть, чем меньше измеряемое излучение, тем меньше будут действительные помехи, создаваемые излучением, в радиоприемнике, который имитирует тестирование.

Далее описан другой вариант изобретения. Электронное оборудование 600 (фиг. 6) содержит цифровые логические схемы, в том числе схемы 609, создающие излучение. Тактовый сигнал для использования в схемах 609, создающих излучение, образуется на выходе опорного генератора 601, который обычно представляет собой кварцевый генератор с синусоидальным выходным сигналом. Согласно изобретению выходной сигнал генератора 601 подается на фазовый модулятор 603. Модулирующий сигнал формируется генератором пилообразного сигнала 607, конструкции которого хорошо известны специалистам в области электроники.

Выходной сигнал генератора пилообразного сигнала 607 подается на вход интегрирующего фильтра 605, выходной сигнал которого подается на фазовый модулятор 603. Назначение интегрирующего фильтра 605 - обеспечить, чтобы выходной сигнал фазового модулятора был таким же, как сигнал, который формируется непосредственной частотной модуляцией генератора 601 посредством выходного сигнала от генератора пилообразного сигнала 607.

Таким образом, этот аспект настоящего изобретения обеспечивает достижение требуемого относительно сильного затухания. Это позволяет уменьшить затраты на развязки и экранирование. Конфигурация, показанная на фиг. 4 и 6, легко интегрируется в схемы синхронизации и процессоры.

На фиг. 8a - 8d представлены экспериментальные результаты тестовых испытаний различных способов, предложенных в изобретении. Каждый из этих графиков получен с помощью спектрального анализатора. В следующих примерах не использовались те же полосы пропускания, частоты модуляции и частотные отклонения, что и в ранее описанных примерах. Однако частотный масштаб не влияет на результаты, так что соотношения, описанные ниже, действительны в общем случае.

Сигнал помехи 800 (фиг. 8a) представляет собой гармонику немодулированного тактового сигнала (не показан). В частности, сигнал помехи 800 содержит большую спектральную составляющую помехи 801 в окрестности частоты 450 МГц. В этом примере пик 802 спектральной составляющей помехи 801 составляет 20 dB_m.

Если требуется значительно ослабить спектральную составляющую помехи 801, чтобы практически исключить помехи внутри ширины полосы пропускания приемника с центром 450 МГц, то тогда немодулированный тактовый сигнал может быть частотно-модулирован посредством прямоугольного сигнала 10 МГц с коэффициентом модуляции на 450 МГц-ной составляющей помехи, примерно равной 2. Эффект такого воздействия на сигнал помехи показан на фиг. 8b. Здесь сигнал помехи 800' имеет спектральную составляющую помехи 803, которая демонстрирует затухание больше 60 дБ по сравнению со спектральной составляющей 801. Кроме того, боковые полосы 805, которые генерируются посредством этого способа, отстоят на 10 кГц от центральной частоты приемника 450 МГц и, следовательно, находятся вне ширины полосы пропускания приемника.

На фиг. 8c показан график, демонстрирующий эффект от частотной модуляции тактового сигнала (не показан) посредством пилообразного сигнала частотой

RU 2134482 C1
RU 2134482 C1

1 кГц с шириной качания 20 кГц на частоте составляющей помехи. Это приводит к тому, что мощность сигнала будет распределена примерно на 20 составляющих, так что затухание должно быть примерно в 20 раз, или -13 дБ. Это хорошо согласуется с действительным затуханием 807, составляющим -12.5 дБ, как показано на фиг. 8c. Ширина полосы частот измерения, которая была использована при формировании графика на фиг. 8c, составляет 300 Гц, что меньше интервала между составляющими. Таким образом, за один раз можно измерить не больше одной составляющей. Здесь также имеет место измерение пиковой мощности. Нет разницы между пиковой и средней мощностью, поскольку имеется единственный сигнал с постоянной амплитудой, присутствующей в ширине полосы частот измерения.

Обратимся теперь к фиг. 8d, где опять представлен тот же спектр, что и на фиг. 8c. Однако здесь сигнал помехи был измерен с шириной полосы частот 3 кГц, тем самым допуская 3 составляющие в полосу частот. Измеряется пиковая мощность. Грубый расчет предсказывает, что пиковое значение измеряемого напряжения должно возрасти в 3 раза, что соответствует 9.5 дБ по сравнению с измерением на фиг. 8c. Действительное затухание 809 (-1.9 дБ действительное $\approx$-12.5 дБ действительное + 9.5 дБ по оценке) хорошо согласуется с этой оценкой.

Изобретение было описано со ссылками на конкретный вариант реализации. Однако специалистам вполне ясно, что изобретение можно реализовать и в других вариантах, отличных от предпочтительных вариантов, описанных выше.

Формула изобретения:

1. Способ ослабления помех внутри ширины полосы пропускания приемника в электронном устройстве, включающем узел создающий помехи, который генерирует из первого сигнала сигнал помехи, имеющий спектральную составляющую внутри ширины полосы пропускания приемника, отличающийся тем, что осуществляют угловую модуляцию первого сигнала посредством определяющего модулирующего сигнала без шумов и узлом, создающим помехи, генерируют угловой модулированный сигнал помехи, имеющий боковые полосы частот модуляции, полностью лежащие вне ширины полосы пропускания приемника, и уменьшенную амплитуду несущей.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве определяющего модулирующего сигнала без шумов используют синусоидальный сигнал.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что в качестве углового модулированного сигнала помехи используют сигнал, который имеет коэффициент модуляции β, определяемый соотношением $J_o(\beta) \leq R$, где R - заданное отношение амплитуды модулированной несущей к амплитуде немодулированной несущей.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве определяющего модулирующего сигнала без шумов используют симметричный прямоугольный сигнал.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что используют симметричный прямоугольный сигнал, который имеет частоту повторения достаточно высокую, чтобы вызвать попадание боковых полос модуляции углового модулированного сигнала помехи вне ширины полосы пропускания приемника.

6. Способ по п. 4, отличающийся тем, что используют угловой модулированный сигнал помехи, который имеет коэффициент модуляции β, определяемый соотношением $(2/\pi\beta)\sin(\pi\beta/2) \leq R$, где R - заданное отношение амплитуды модулированной несущей к амплитуде немодулированной несущей.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют электронное устройство, которое включает первый узел, предназначенный для подачи первого сигнала в узел, создающий помехи, при угловой модуляции первого узла используют прямую частотную модуляцию первого узла посредством определяющего модулирующего сигнала без шумов для генерирования модулированного первого сигнала и подают модулированный первый сигнал в узел, создающий помехи для генерирования углового модулированного сигнала помехи, имеющего боковые полосы модуляции, находящиеся вне ширины полосы пропускания приемника.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют электронное устройство, которое дополнительно содержит первый узел, предназначенный для подачи первого сигнала в узел, создающий помехи, при угловой модуляции первого сигнала осуществляют фазовую модуляцию первого сигнала посредством определяющего модулирующего сигнала без помех и подают фазомодулированный первый сигнал в узел, создающий помехи, для генерации углового модулированного сигнала помехи, имеющего боковые полосы частот модуляции, лежащие вне ширины полосы пропускания приемника.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что дополнительно осуществляют подачу немодулированного первого сигнала в узел электронного устройства, не создающий помехи.

10. Способ ослабления помех внутри ширины полосы пропускания приемника в электронном устройстве, включающем узел, создающий помехи, который генерирует комбинированный сигнал, содержащий первый сигнал и сигнал помехи, имеющий спектральную составляющую внутри ширины полосы пропускания приемника, отличающийся тем, что осуществляют угловую модуляцию комбинированного сигнала посредством определяющего модулирующего сигнала без шумов и узлом, создающим помехи, генерируют угловой модулированный сигнал помехи, имеющий боковые полосы частот модуляции, полностью лежащие вне ширины полосы пропускания приемника и уменьшенную амплитуду несущей.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что в качестве определяющего модулирующего сигнала без шумов используют синусоидальный сигнал.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что в качестве углового модулированного сигнала помехи используют сигнал, который имеет коэффициент модуляции β, определяемый соотношение $J_o(\beta) \leq R$, где R - заданное

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1

отношение амплитуды модулированной несущей к амплитуде немодулированной несущей.

13. Способ по п.10, отличающийся тем, что в качестве определяющего модулирующего сигнала без шумов используют симметричный прямоугольный сигнал.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что используют симметричный прямоугольный сигнал, который имеет частоту повторения достаточно высокую, чтобы вызвать попадание боковых полос модуляции углового модулированного сигнала помехи вне ширины полосы пропускания приемника.

15. Способ по п.13, отличающийся тем, что используют угловой модулированный сигнал помехи, который имеет коэффициент модуляции β, определяемый соотношением $(2/\pi\beta)\bullet\sin(\pi\beta/2) \leq R$, где R - заданное отношение амплитуды модулированной несущей к амплитуде немодулированной несущей.

16. Способ по п.10, отличающийся тем, что при угловой модуляции комбинированного сигнала осуществляют прямую частотную модуляцию узла, создающего помехи, посредством определяющего модулирующего сигнала без шумов, в результате чего узел, создающий помехи, генерирует угловой модулированный сигнал помехи, имеющий боковые полосы модуляции, находящиеся вне ширины полосы пропускания приемника.

17. Способ по п.10, отличающийся тем, что при угловой модуляции комбинированного сигнала осуществляют фазовую модуляцию комбинированного сигнала посредством определяющего модулирующего сигнала без шумов и подают фазомодулированный комбинированный сигнал в первый блок электронного устройства, превращая сигнал помехи в угловой модулированный сигнал помехи, имеющий боковые полосы частот модуляции, лежащие вне полосы пропускания приемника.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что осуществляют подачу комбинированного сигнала во второй блок электронного устройства.

19. Способ ослабления помех внутри ширины полосы частот измерения в электронном устройстве, включающем создающий помехи узел, генерирующий из первого сигнала сигнал помехи, имеющий спектральную составляющую помехи внутри ширины полосы частот измерения, отличающийся тем, что используют модулирующий сигнал для угловой модуляции первого сигнала и узлом, создающим помехи, генерируют угловой модулированный сигнал помехи, имеющий ослабленную спектральную составляющую внутри ширины полосы частот измерения, меньшую, чем спектральная составляющая помехи, причем модулирующий сигнал является определяющим сигналом без шумов, ширина полосы частот модуляции углового модулированного сигнала помехи превосходит ширину полосы частот измерения и модулирующий сигнал является пилообразным сигналом, частоту пилообразного сигнала выбирают из диапазона значений частоты, в котором нижнее значение частоты, по существу, равно ширине полосы частот измерения, а верхнее значение частоты, по существу, равно полуторакратному значению ширины полосы частот измерения.

20. Способ по п.19, отличающийся тем, что при угловой модуляции первого сигнала используют прямую частотную модуляцию первого узла, который генерирует первый сигнал, и подают в качестве первого сигнала частотно-модулированный первый сигнал в схему, генерирующую излучение внутри узла, создающего помехи, причем схема, генерирующая излучение, инициирует сигнал помехи.

21. Способ по п.19, отличающийся тем, что при угловой модуляции первого сигнала осуществляют фазовую модуляцию первого сигнала и подают вместо первого сигнала фазомодулированный первый сигнал в схему, генерирующую излучение внутри узла, создающего помехи, причем схема, генерирующая излучение, инициирует генерирование сигнала помехи.

22. Способ по п.21, отличающийся тем, что дополнительно подают немодулированный первый сигнал в узел электронного устройства, не создающего помехи.

23. Способ ослабления помех внутри ширины полосы частот измерения в электронном устройстве, включающем создающий помехи узел, генерирующий комбинированный сигнал, состоящий из первого сигнала и сигнала помехи, имеющего спектральную составляющую помехи внутри ширины полосы частот измерения, отличающийся тем, что используют модулирующий сигнал для угловой модуляции комбинированного сигнала, получая угловой модулированный сигнал помехи, имеющий ослабленную спектральную составляющую внутри ширины полосы частот измерения, меньшую, чем спектральная составляющая помехи, причем модулирующий сигнал является определяющим сигналом без шумов, ширина полосы частот модуляции углового модулированного сигнала помехи превосходит ширину полосы частот измерения и модулирующий сигнал является пилообразным сигналом, частоту пилообразного сигнала выбирают из диапазона значений частоты, в котором нижнее значение частоты, по существу, равно ширине полосы частот измерения, а верхнее значение частоты, по существу, равно полуторакратному значению ширины полосы частот измерения.

24. Способ по п.23, отличающийся тем, что при угловой модуляции комбинированного сигнала применяют прямую частотную модуляцию к узлу, создающему помехи.

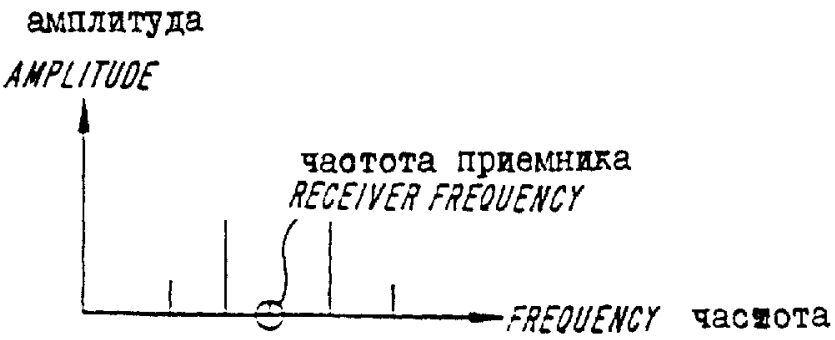
25. Способ по п.23, отличающийся тем, что при угловой модуляции комбинированного сигнала осуществляют фазовую модуляцию комбинированного сигнала и подают фазомодулированный комбинированный сигнал в первый блок электронного устройства.

RU 2134482 C1

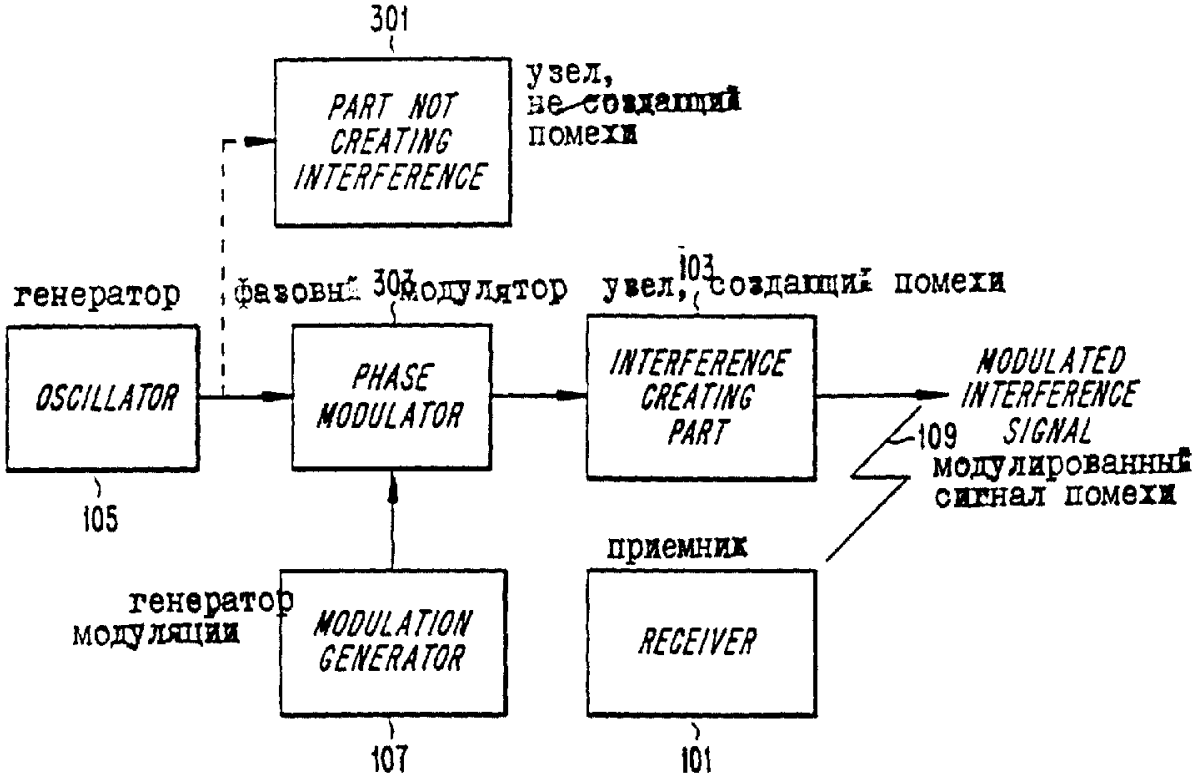
RU 2134482 C1



Фиг.2a



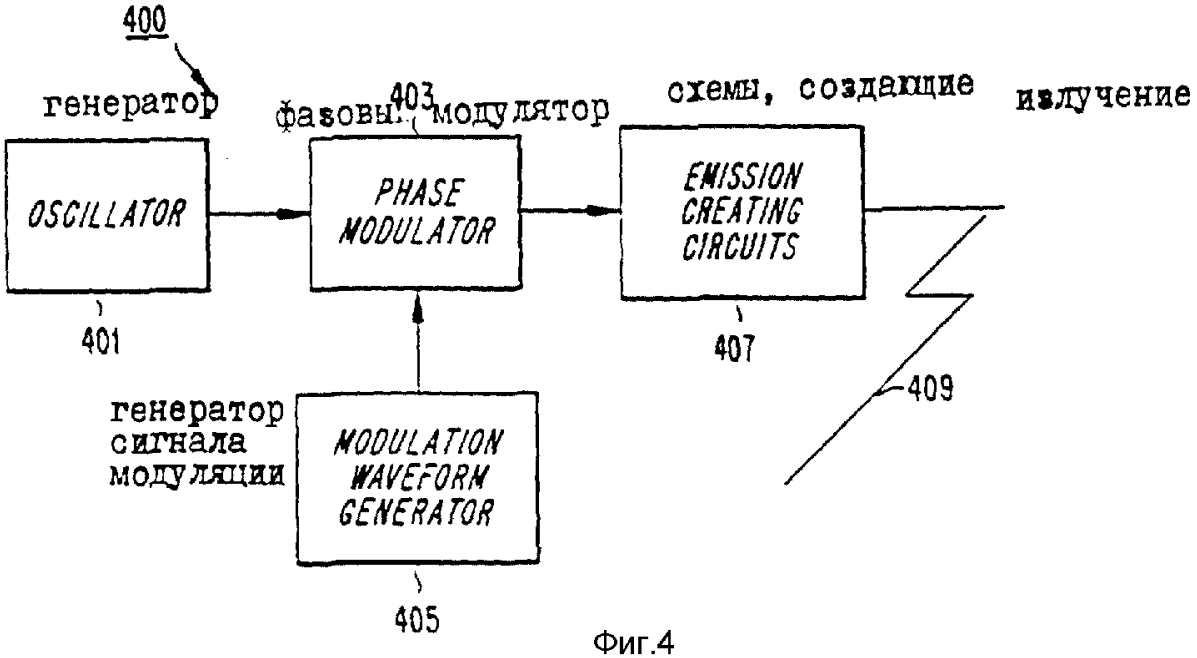
Фиг.2b



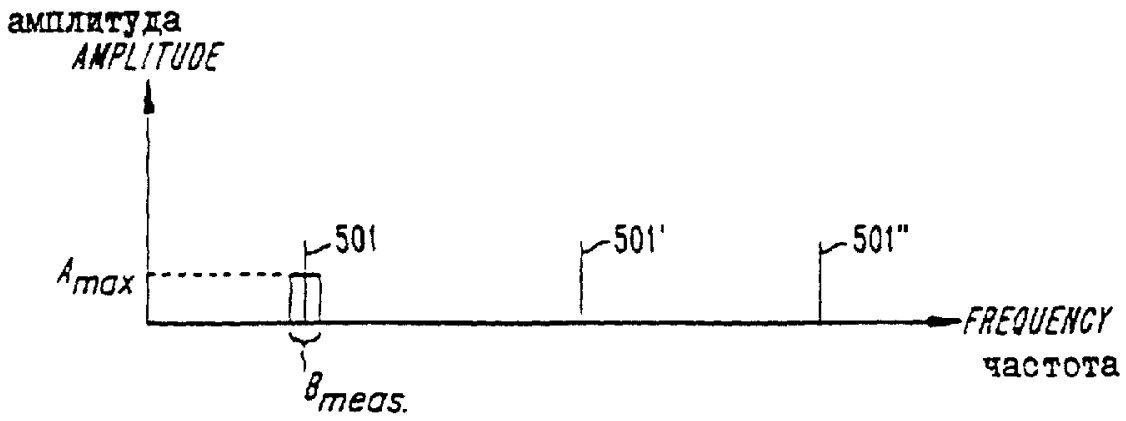
Фиг.3

RU 2134482 C1

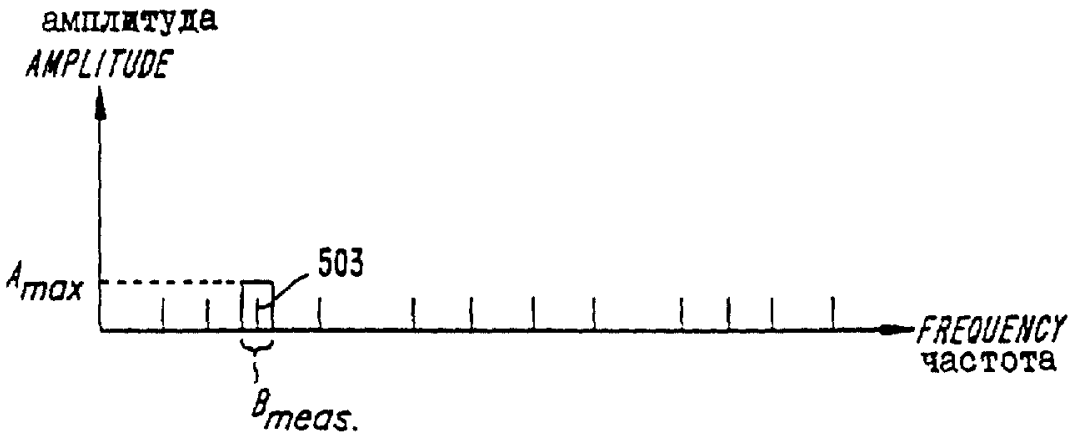
RU 2134482 C1



Фиг.4



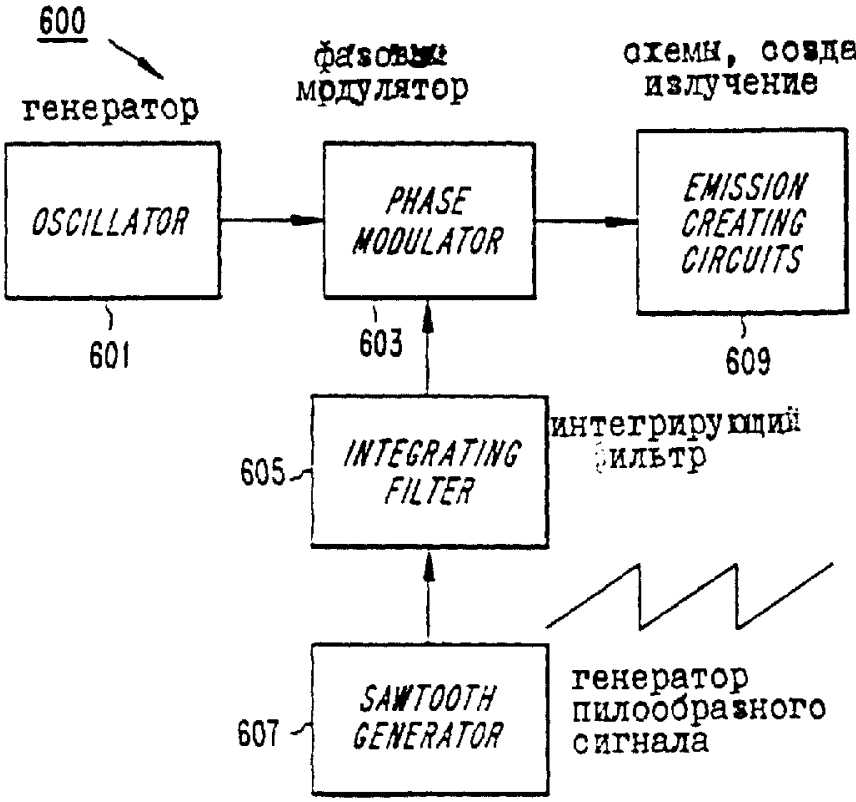
Фиг.5a



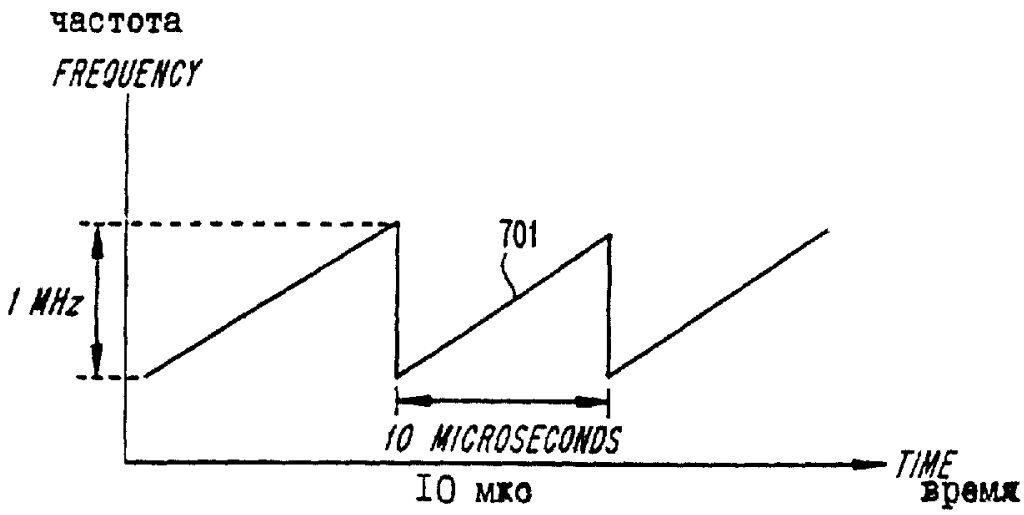
Фиг.5b

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1



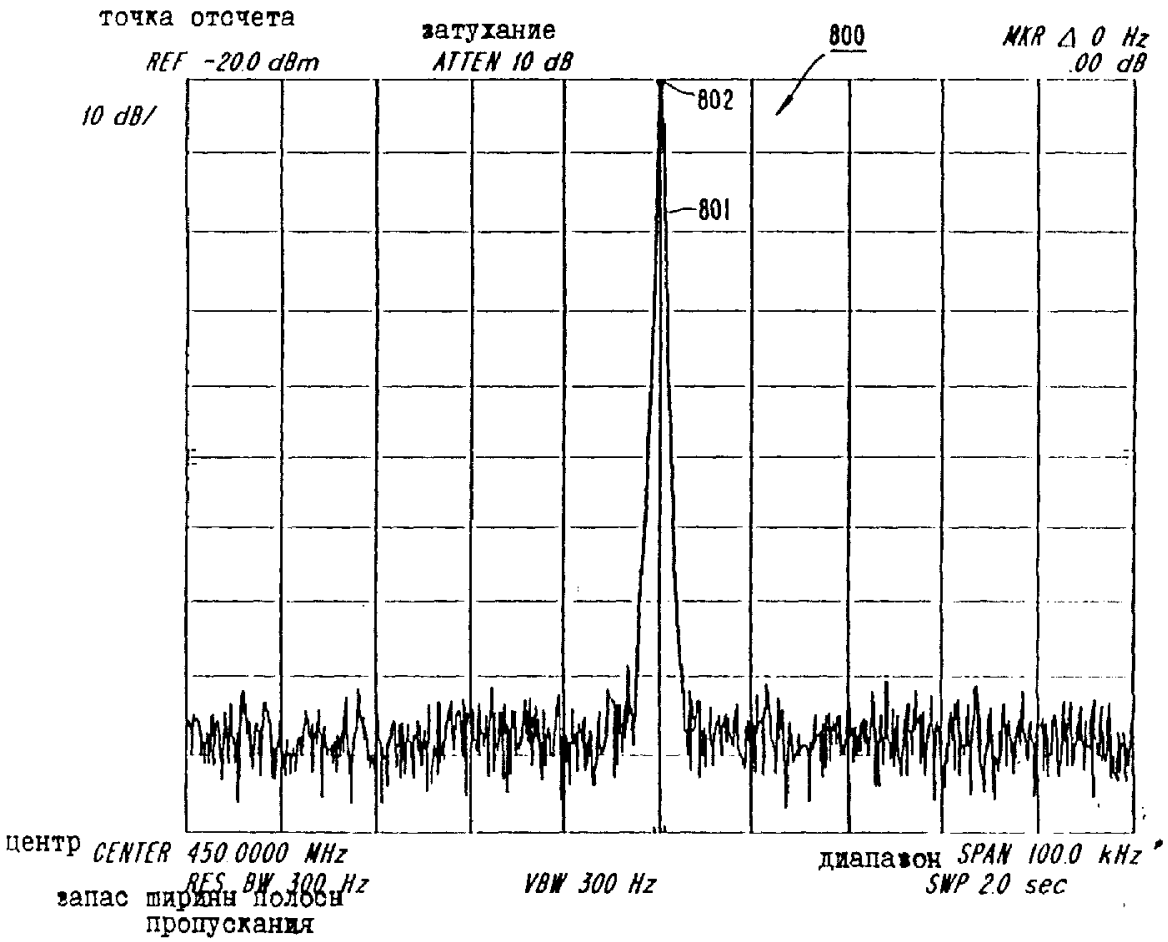
Фиг.6



Фиг.7

RU 2134482 C1

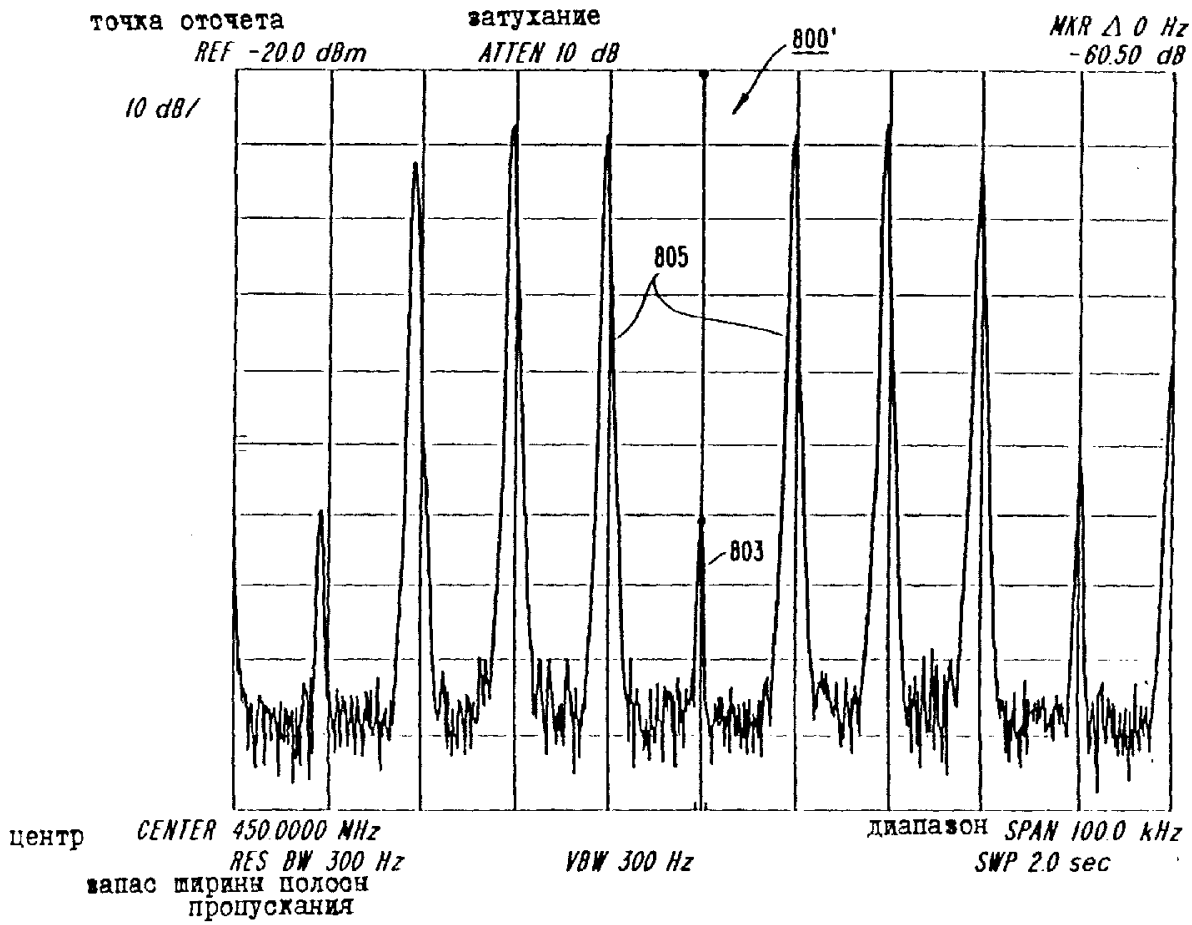
RU 2134482 C1



Фиг.8а

RU 2134482 C1

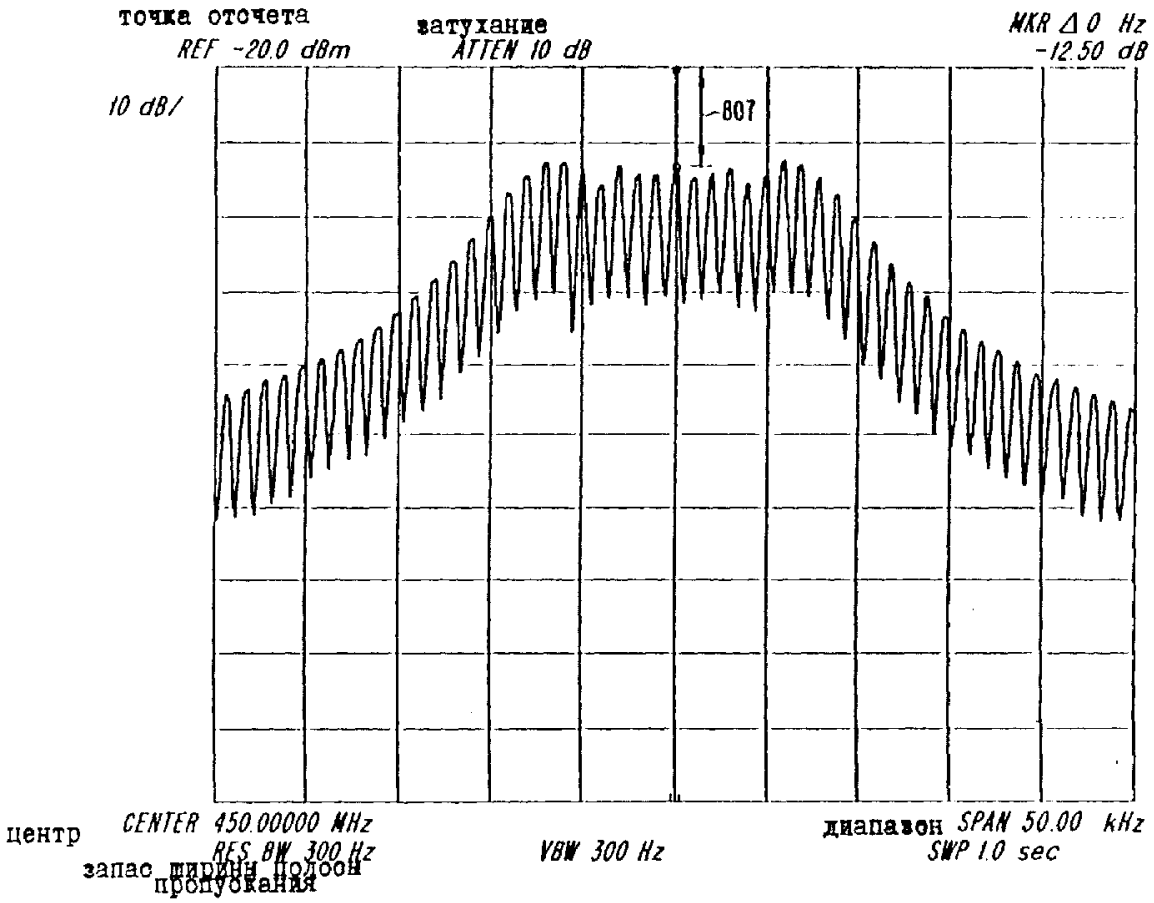
RU 2134482 C1



Фиг.8b

RU 2134482 C1

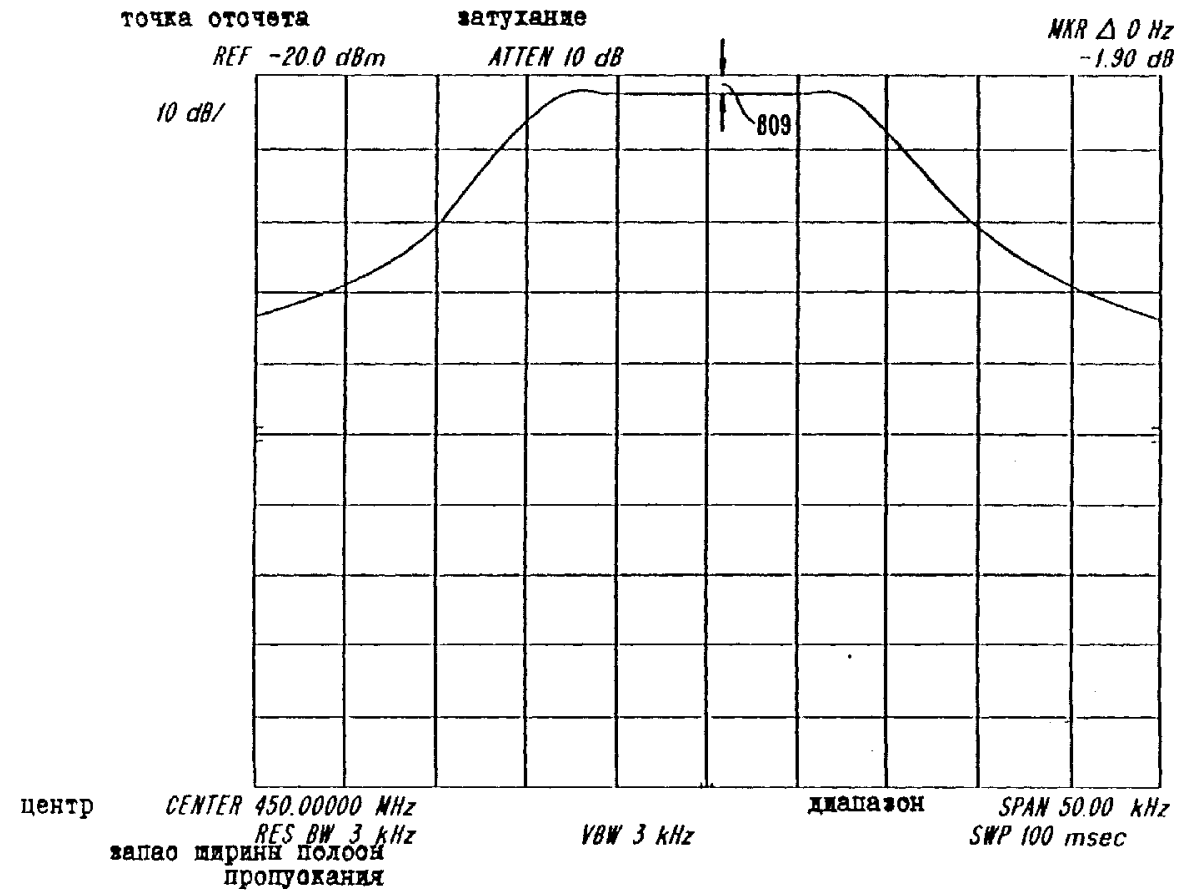
RU 2134482 C1



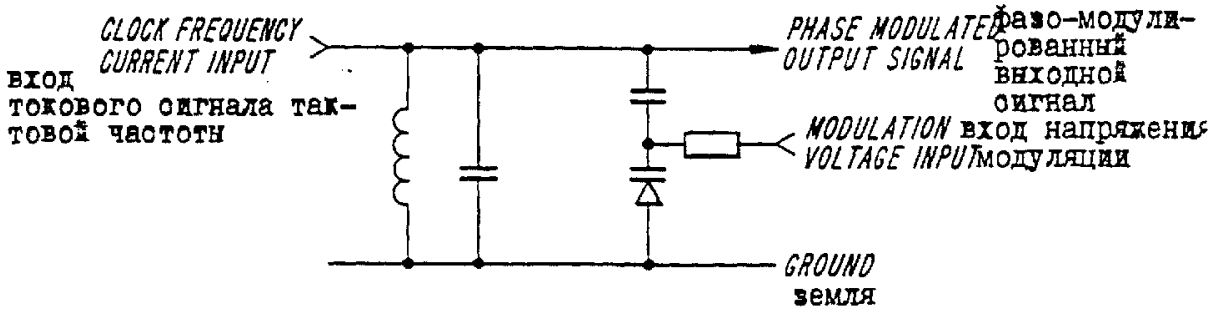
Фиг.8c

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1



Фиг.8d



Фиг.9

(PRIOR ART) известная разработка

RU 2134482 C1

RU 2134482 C1