



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006100406/09, 13.01.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.01.2006

(45) Опубликовано: 27.03.2008 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 5426672 A, 20.06.1995. US 6784706
B2, 31.04.2004. SU 1184107 A, 10.07.1985. SU
1298913 A1, 23.03.1987.

Адрес для переписки:

117393, Москва, ул. Профсоюзная, 78, оф.3323,
пат.пов. В.Н.Рослову, рег.№ 18

(72) Автор(ы):

Гармонов Александр Васильевич (RU),
Филатов Анатолий Геннадьевич (RU),
Манелис Владимир Борисович (RU),
Каюков Игорь Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

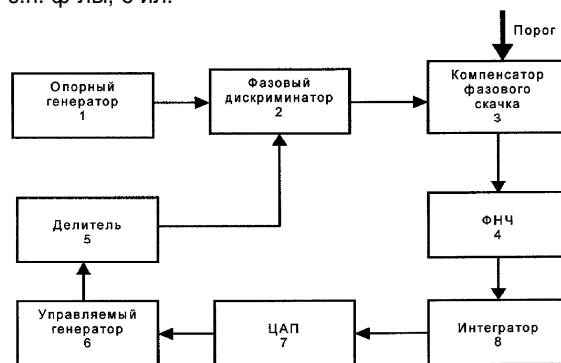
Самсунг Электроникс Ко., Лтд. (KR)

(54) СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ СКАЧКОВ ОПОРНОГО СИГНАЛА ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и может быть использовано в системах фазовой автоподстройки частоты частот (ФАПЧ). Способ компенсации скачков опорного сигнала ФАПЧ состоит из двух этапов: определение момента фазового скачка и оценка значения данного скачка. Определение момента фазового скачка осуществляется путем порогового сравнения текущего изменения (приращения) фазоразностного сигнала с соответствующим (положительным или отрицательным) локальным средним изменением приращением фазоразностного сигнала. Оценка значения скачка осуществляется путем выбора одного из двух значений, равных разности приращения фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных локальных средних приращений фазоразностного сигнала

(положительного или отрицательного) в тот момент. Наиболее близкое значение к разности между локальными средними (фильтрованными) значениями фазоразностного сигнала до и после скачка считается верным. Технический результат - компенсация фазовых скачков опорного сигнала. 2 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2006100406/09, 13.01.2006

(24) Effective date for property rights: 13.01.2006

(45) Date of publication: 27.03.2008 Bull. 9

Mail address:

117393, Moskva, ul. Profsojuznaja, 78,
of.3323, pat.pov. V.N.Roslovu, reg.№ 18

(72) Inventor(s):

Garmonov Aleksandr Vasil'evich (RU),
Filatov Anatolij Gennad'evich (RU),
Manelis Vladimir Borisovich (RU),
Kajukov Igor' Vasil'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Samsung Ehlektroniks Ko., Ltd. (KR)

(54) METHOD FOR COMPENSATING DISCONTINUOUS JUMPS OF SUPPORTING SIGNAL OF PHASE-LOCKED LOOP FREQUENCY CONTROL

(57) Abstract:

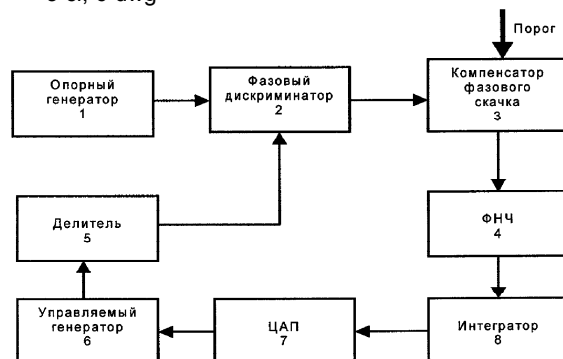
FIELD: radio engineering, possible use in systems for phase-locked loop frequency control.

SUBSTANCE: method for compensating discontinuous jumps of phase signal of phase-locked loop frequency control consists of two stages: measurement of the moment of phase jump and estimation of value of the jump. The moment of phase jump is determined by threshold comparison of current change (increment) of phase difference signal to corresponding (positive or negative) local average change (increment) of phase difference signal. Value of the jump is estimated by selection of one of two values equal to difference of increment of phase difference signal in the moment of leap detection and two possible local average increments of phase difference signal (positive one or negative one) at that moment. The value which is closest to the

difference between local average (filtered) values of phase difference signal before and after the jump is considered correct.

EFFECT: compensation of phase jumps of difference signal.

3 cl, 6 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к системам фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), в частности к способам оценки разности фаз при скачкообразном опорном сигнале.

В настоящее время распространено, например, использование сигнала формата E1/T1, которому присущи такие явления, как выравнивание бит и выравнивание указателя, который компенсирует фазовые скачки и позволяет контролировать частоту внутреннего управляемого генератора даже при отсутствии других непрерывных опорных сигналов.

Сигнал формата E1/T1 - это сигнал европейской системы, передаваемый со скоростью 2.048 Мбит/с, несущий 30 телефонных каналов в 32 временных слотах, включая выравнивание фрейма и сигнальную информацию (принято неравномерное квантование аналоговых голосовых сигналов), описан в книге Stefano Bregni "Synchronization of Digital Telecommunications Networks", Copyright 2002 John Wiley & Sons, Ltd. ISBNs: 0-471-61550-1 (Hardback); 0-470-84588-0 (Electronic) [1].

Фазовая (или частотная) автоподстройка частоты широко используется в сфере телекоммуникаций для синхронизации управляемого генератора, сигнал которого служит выходом ФАПЧ, с опорным генератором. Обычно ФАПЧ содержит устройство для определения разности фаз (фазовый/частотный дискриминатор, фазовый компаратор, счетчик временной ошибки). Фазовый/частотный дискриминатор формирует управляющий сигнал, характеризующий разницу фаз сигналов опорного генератора и управляемого генератора. В свою очередь, управляемый генератор формирует сигнал, частота которого определяется значением управляющего напряжения. Для того чтобы обеспечить помехоустойчивость ФАПЧ, используется фильтр нижних частот (ФНЧ) или другое сглаживающее устройство. Кроме того, если частота управляемого генератора самопроизвольно варьируется, например, ввиду изменения температуры окружающей среды или старения, в составе ФАПЧ также используется интегратор. При использовании цифровых устройств в петле ФАПЧ применяют цифроаналоговый преобразователь. Наконец, если номинальные частоты опорного генератора и управляемого генератора различаются, в частности, если опорная частота ниже, в состав ФАПЧ включают делитель частоты для обеспечения приблизительного равенства сравниваемых сигналов (см. Первачев С.В. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. - М.: Радио и связь, 1982. - 296 с., ил. [2]).

Приведенный выше метод синхронизации предполагает наличие непрерывного опорного сигнала, имеющего долговременную стабильность частоты лучше, чем управляемого генератора. Однако для удаленных терминалов, таких как базовые станции сотовых систем связи, ретрансляторы и т.д., не всегда удается найти подходящий источник опорного сигнала. Данная проблема в некоторой степени была решена с появлением глобальных спутниковых систем GPS/GLONASS, транслирующих высокостабильный радиосигнал. Однако сигнал спутников принимается не везде и требует использования дополнительного приемника. Альтернативным опорным сигналом может служить сигнал кадровой синхронизации в составе информации, передаваемой по магистральным проводным линиям связи E1/T1. Однако таким линиям связи присуще наличие фазового дрожания и фазовых скачков большой величины. Поэтому для нормальной работы ФАПЧ в данном случае необходимо компенсировать фазовые скачки.

Компенсация фазовых скачков описана в патенте США №4019143 [3], в котором тактовый выходной сигнал синхронизируется по фазе с основным тактовым генератором. В случае нарушения работы основного генератора схема управления режимом ожидания изменяет фазу тактового выходного сигнала, пока не будет совпадать с фазой сигнала тактового генератора режима ожидания. Недостатком данного изобретения является необходимость второго опорного сигнала, в частности от генератора режима ожидания. В его отсутствие ФАПЧ не будет функционировать.

В патенте США №6784706 [4] описан метод приведения ФАПЧ, имеющей в своем составе фазовый дискриминатор, управляемый генератор и интегратор, в состояние захвата после воздействия фазового или частотного скачка в выходном сигнале дискриминатора. Данный метод предполагает запоминание выходного сигнала интегратора

до того, как происходит фазовый или частотный скачок, определение момента данного скачка и последующее восстановление выходного сигнала интегратора из памяти сразу после окончания скачка или спустя некоторое время, что позволяет в результате уменьшить перерегулирование ФАПЧ. Недостатком данного изобретения является то, что оно не способно компенсировать влияние фазовых скачков большой длительности или другой не импульсной формы, например ступенчатой. В данном случае восстановленное из памяти выходное значение интегратора после окончания скачка может быть не адекватным выходному сигналу дискриминатора, что приведет ФАПЧ в состояние разрегулирования.

Наиболее близким к предлагаемому решению по технической сущности является решение, описанное в патенте США №5426672 [5].

Способ компенсации скачков опорного сигнала фазовой автоподстройки частоты, описанный в прототипе [5], заключается в следующем:

- сравнивают фазы опорной информационной последовательности и генерируемой последовательности тактовых импульсов, получая исходный фазоразностный сигнал,
- из информационной последовательности выделяют служебную информацию, на основе которой определяют момент и величину фазового скачка, и формируют сигнал компенсации,
- сигнал компенсации суммируют с исходным фазоразностным сигналом, формируя выходной фазоразностный сигнал.

Процесс компенсации в прототипе [5] происходит в компенсаторе фазовых скачков, расположенном между выходом фазового дискриминатора и входом управляемого генератора. При отсутствии фазового скачка управляющий сигнал не изменяет компенсатор фазового скачка, следовательно, выходной сигнал фазового дискриминатора также остается неизменным. При определении скачка на основе служебной информации подают управляющий сигнал компенсации, который корректирует выходной сигнал дискриминатора. При положительном фазовом скачке соответствующее значение вычитается из выходного сигнала фазового дискриминатора, в противном случае соответствующее значение добавляется.

Однако, когда служебная информация недоступна, компенсация скачка становится проблематичной и фазовая автоподстройка частоты вследствие этих скачков прекращает работу.

Задача, которую решает предлагаемое изобретение: компенсация фазовых скачков опорного сигнала с целью обеспечения нормальной работы системы фазовой автоподстройки частоты.

Для решения этой задачи в способ компенсации скачков опорного сигнала фазовой автоподстройки частоты, заключающийся в том, что сравнивают фазы опорной и генерируемой последовательностей тактовых импульсов, получая исходный фазоразностный сигнал, согласно изобретению введены следующие операции:

- фильтруют исходный фазоразностный сигнал, запоминают исходный и фильтрованный фазоразностный сигнал,
- определяют приращение текущего значения фазоразностного сигнала по сравнению с предыдущим значением,
- запоминают приращение текущего значения фазоразностного сигнала,
- отдельно фильтруют полученные положительные и отрицательные приращения текущего значения фазоразностного сигнала,
- запоминают фильтрованные приращения текущего значения фазоразностного сигнала,
- сравнивают текущее положительное или отрицательное значение приращения фазоразностного сигнала с соответствующим фильтрованным значением приращения фазоразностного сигнала,
- регистрируют фазовый скачок, если текущее положительное приращение фазоразностного сигнала выше положительного фильтрованного значения фазоразностного сигнала на величину заданного порога или текущее отрицательное приращение фазоразностного сигнала ниже отрицательного фильтрованного значения

фазоразностного сигнала на величину заданного порога,

в случае регистрации текущего фазового скачка оценивают величину предыдущего фазового скачка, используя запомненное значение приращения входного фазоразностного сигнала на момент предыдущего скачка, его текущее фильтрованное значение, а также

5 фильтрованные положительные и отрицательные приращения фазоразностного сигнала на момент предыдущего скачка,
суммируют величину полученной оценки скачка с предыдущими оценками,
получают выходное скорректированное значение фазоразностного сигнала путем
вычитания суммарной величины оценки скачков из запомненного фильтрованного
10 фазоразностного сигнала.

Оценку значения скачка осуществляют путем выбора одного из двух значений, равных приращению фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в этот момент.

15 Выбор осуществляют в пользу того из двух значений, равных приращению фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в тот момент, который ближе по модулю к разности значений фильтрованного фазоразностного сигнала до и после фазового скачка.

20 Сопоставительный анализ способа и устройства компенсации фазовых скачков опорного сигнала в системе фазовой автоподстройки частоты с прототипом показывает, что предлагаемое изобретение существенно отличается от известных решений, так как позволяет обеспечить компенсацию фазовых скачков опорного сигнала и обеспечение нормальной работы цифровой фазовой автоподстройки частоты.

25 Сопоставительный анализ заявляемых решений с другими техническими решениями в данной области техники не позволил выявить признаки, заявленные в отличительных частях формул изобретений. Следовательно, заявляемые решения отвечают критериям "новизна", "изобретательский уровень", "промышленная применимость".

Графические материалы, используемые в материалах заявки:

30 Фиг.1 - структурная схема реализации фазовой автоподстройки частоты.

Фиг.2 - структурная схема реализации компенсатора фазовых скачков.

Фиг.3 - пример выполнения блока оценки фазового скачка.

Фиг.4 - зависимость временного рассогласования выходного сигнала и частотной ошибки от времени.

35 Фиг.5 - зависимость измеренного временного рассогласования $\times 10^9$ (линия А) и оцененного временного рассогласования (линия Б) от времени в секундах традиционной ФАПЧ.

Фиг.6 - зависимость измеренного временного рассогласования $\times 10^9$ (линия А) и оцененного временного рассогласования (линия Б) от времени в секундах при

40 использовании заявляемого компенсатора фазовых скачков.

Предлагаемый способ компенсации скачков фазы опорного сигнала автоподстройки частоты заключается в следующем:

сравнивают фазы опорной и генерируемой последовательностей тактовых импульсов, получая исходный фазоразностный сигнал,

45 фильтруют исходный фазоразностный сигнал, запоминают исходный и фильтрованный фазоразностный сигнал,

определяют приращение текущего значения фазоразностного сигнала по сравнению с предыдущим значением,

запоминают приращение текущего значения фазоразностного сигнала,

50 отдельно фильтруют полученные положительные и отрицательные приращения

текущего значения фазоразностного сигнала,

запоминают фильтрованные приращения текущего значения фазоразностного сигнала, сравнивают текущее положительное или отрицательное значение приращения

фазоразностного сигнала с соответствующим фильтрованным значением приращения фазоразностного сигнала,

регистрируют фазовый скачок, если текущее положительное приращение фазоразностного сигнала выше положительного фильтрованного значения

5 фазоразностного сигнала на величину заданного порога или текущее отрицательное приращение фазоразностного сигнала ниже отрицательного фильтрованного значения фазоразностного сигнала на величину заданного порога,

10 в случае регистрации текущего фазового скачка оценивают величину предыдущего фазового скачка, используя запомненное значение приращения входного фазоразностного сигнала на момент предыдущего скачка, его текущее фильтрованное значение, а также фильтрованные положительные и отрицательные приращения фазоразностного сигнала на момент предыдущего скачка,

15 суммируют величину полученной оценки скачка с предыдущими оценками, получают выходное скорректированное значение фазоразностного сигнала путем вычитания суммарной величины оценки скачков из запомненного фильтрованного фазоразностного сигнала.

20 Оценку значения скачка осуществляют путем выбора одного из двух значений, равных приращению фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в этот момент.

Выбор осуществляют в пользу того из двух значений, равных приращению фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в тот момент, которое ближе по модулю к разности значений фильтрованного фазоразностного сигнала до и после фазового скачка.

30 Устройство фазовой автоподстройки частоты можно представить так, как показано на фиг.1. Это устройство содержит последовательно соединенные опорный генератор 1, фазовый дискриминатор 2, компенсатор 3 фазового скачка, фильтр 4 нижних частот, интегратор 8, цифроаналоговый преобразователь 7, управляемый генератор 6, делитель 5, выход которого соединен с вторым входом фазового дискриминатора 2.

35 Фазовый (или частотный) дискриминатор 2 служит для определения разности фаз, которое формирует управляющие сигналы, характеризующие разницу фаз сигналов опорного генератора 1 и управляемого генератора 6. В свою очередь, управляемый генератор 6 формирует сигнал, частота которого определяется значением управляющего напряжения. Для того чтобы обеспечить помехоустойчивость ФАПЧ, используется фильтр 4 нижних частот или другое сглаживающее устройство. Если частота управляемого генератора 6 самопроизвольно варьируется, например, ввиду изменения температуры окружающей среды или старения, то стабилизации ее используется интегратор 8. При использовании цифровых устройств в петле ФАПЧ применяют цифроаналоговый преобразователь 7. Если частота опорного сигнала ниже частоты управляемого генератора 6, в состав ФАПЧ вводят делитель 5 частоты, который служит для обеспечения приблизительного равенства частот сравниваемых сигналов опорного генератора 1 и управляемого генератора 6.

45 Необходимым условием получения характеристик ФАПЧ/ЧАП, как описано выше, является присутствие соответствующего опорного сигнала, который должен быть стабильным в течение длительного времени. Для независимых объектов телекоммуникации, например базовой станции, контроллера базовой станции, подходящим опорным сигналом является сигнал GPS приемника. Однако такой сигнал не всегда доступен из-за нарушений работы приемника GPS, отсутствия спутников в зоне прямой видимости и т.д. В результате предусматривается резервный режим работы, обеспечивающий синхронизацию с сигналом сети.

50 Компенсатор 3 скачков фазы опорного сигнала осуществляет оценку моментов времени и значений скачков на основе анализа фазоразностного сигнала и затем компенсирует

полученное значение. Скачки фазы происходят, например, когда опорный сигнал состоит из импульсов начала фрейма информационного потока E1/T1, где скачки вызваны явлениями выравнивания указателя и выравнивания бит. В результате получается скорректированный фазоразностный сигнал без скачков, подходящий для регулирования

5 внутреннего генератора посредством алгоритма фазовой/частотной автоподстройки (ФАПЧ/ЧАП).

Заявляемый способ состоит из двух этапов: определение момента фазового скачка и оценка значения данного скачка.

10 Определение момента фазового скачка осуществляется путем порогового сравнения текущего изменения (приращения) фазоразностного сигнала с соответствующим (положительным или отрицательным) локальным средним изменением приращением фазоразностного сигнала.

Оценка значения скачка осуществляется путем выбора одного из двух значений, равных разности приращения фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух

15 возможных локальных средних приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в тот момент. Наиболее близкое значение к разности между локальными средними (фильтрованными) значениями фазоразностного сигнала до и после скачка считается верным.

На фиг.2 показана структурная схема компенсатора 3 фазовых скачков согласно изобретению. Компенсатор 3 фазовых скачков содержит дифференциатор 9, коммутатор 10, первый компаратор 11, второй компаратор 12, третий компаратор 15, первый фильтр 13 нижних частот, второй фильтр 14 нижних частот, третий фильтр 16 нижних частот, блок 17 оценки фазового скачка.

20

Вход дифференциатора 9 является входом компенсатора 3 фазового скачка, а также

25 входом сигнала временного рассогласования (ВР). Вход компенсатора 3 фазового скачка соединен также с первым входом третьего фильтра 16 нижних частот. Выход дифференциатора 9 соединен с первым входом коммутатора 10 непосредственно, со вторым входом коммутатора 10 через первый компаратор 11 и с первым входом блока 17 оценки фазового скачка. Первый выход коммутатора 10 соединен с первым входом второго

30 компаратора 12 и первым входом первого фильтра 13 нижних частот. Второй выход коммутатора 10 соединен с первым входом третьего компаратора 15 и первым входом второго фильтра 14 нижних частот. Второй вход блока 17 оценки фазового скачка соединен с выходом третьего фильтра 16 нижних частот, который является выходом фильтрованного исходного фазоразностного сигнала. Первый выход блока 17 оценки

35 фазового скачка является выходом сигнала сброса фильтров нижних частот и соединен со вторыми входами первого 13, второго 14 и третьего 16 фильтров нижних частот. Выход второго фильтра 14 нижних частот является выходом отрицательных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала и соединен со вторым входом третьего компаратора 15 и третьим входом блока 17 оценки фазового скачка. Выход первого фильтра 13 нижних

40 частот является выходом положительных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала и соединен со вторым входом второго компаратора 12 и четвертым входом блока 17 оценки фазового скачка. Пятый вход блока 17 оценки фазового скачка является входом начальной установки и соединен с выходом второго 12 и третьего 15 компараторов. Второй выход блока 17 оценки фазового скачка является выходом компенсатора 3

45 фазового скачка, а также выходом выходного значения фазоразностного сигнала.

В фазовом дискриминаторе 2 сравнивают фазы опорной и генерируемой последовательности тактовых импульсов, получая исходный фазоразностный сигнал. Этот исходный фазоразностный сигнал поступает на вход третьего фильтра 16 нижних частот, где фильтруется, затем поступает на первый вход блока 17 оценки фазового скачка, где

50 его запоминают. В дифференциаторе 9 определяют приращение фазоразностного сигнала, которое затем сравнивают с нулевым порогом первого компаратора 11, и запоминают в блоке 17 оценки фазового скачка. Через коммутатор 10 положительные приращения фазоразностного сигнала поступают на первый фильтр 13 нижних частот, где их

фильтруют, а затем положительные фильтрованные приращения фазоразностного сигнала поступают на четвертый вход блока 17 оценки фазового скачка для запоминания.

Отрицательные приращения фазоразностного сигнала через коммутатор 10 поступают на второй фильтр 14 нижних частот, где их фильтруют, затем поступают на третий вход

5 блока 17, в котором также происходит запоминание отрицательных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала.

В компараторе 12 положительные значения приращения фазоразностного сигнала с выхода дифференциатора 9 сравнивают с фильтрованным приращением фазоразностного сигнала с выхода первого фильтра 13 нижних частот. Если они больше на величину

10 заданного порога, полагают, что произошел фазовый скачок. В компараторе 15

отрицательные значения приращения фазоразностного сигнала с выхода

дифференциатора 9 сравниваются с отрицательным фильтрованным приращением

фазоразностного сигнала с выхода второго фильтра 14 нижних частот. Если они меньше на

величину заданного порога, также полагают, что произошел фазовый скачок. В случае

15 регистрации текущего фазового скачка блок 17 оценки фазового скачка осуществляет оценку предыдущего скачка с помощью запомненных на тот момент выходных сигналов

первого 13, второго 14 и третьего 16 фильтров нижних частот и дифференциатора 9. В

блоке 17 оценки фазового скачка суммируют величину оценки предыдущего скачка с ранее

полученными оценками, получают выходное значение фазоразностного сигнала, вычитая

20 суммарную величину оценки скачков из запомненного фильтрованного фазоразностного

сигнала.

На фиг.3 представлен вариант структурной схемы блока 17 оценки фазового скачка.

Работает этот блок следующим образом. Каждый раз, когда регистрируется новый фазовый скачок, блок оценки величины фазового скачка осуществляет оценку предыдущего скачка,

25 используя значение приращения фазоразностного сигнала на момент ранее определенного фазового скачка, которое было сохранено в блоке 20 памяти, отфильтрованные

положительное и отрицательное приращения фазоразностного сигнала в момент ранее

определенного фазового скачка, которые были сохранены в блоке 18 памяти и блоке 19

памяти, а также текущего отфильтрованного приращения фазоразностного сигнала и

30 отфильтрованного приращения фазоразностного сигнала на момент фазового скачка,

которое было сохранено в блоке 21 памяти. Выходные значения с блоков 18 и 20 памяти

вычитаются друг из друга в вычитателе 22, а выходные значения с выходов блоков 19 и

20 вычитаются друг из друга в вычитателе 23. Входные и выходные значения блока 21

памяти вычитаются в вычитателе 24. Полученный результат с выхода вычитателя 24

35 вычитают из выходных сигналов вычитателя 22 и вычитателя 23 в вычитателе 25 и

вычитателе 26 соответственно. Затем их абсолютные значения сравниваются в

компараторе 27. Если выходное абсолютное значение вычитателя 25 меньше, то сигнал

интегратора 29 изменяется на величину выходного сигнала вычитателя 22 с помощью

селектора 28. В противном случае сигнал интегратора 29 изменяют на величину выходного

40 сигнала вычитателя 23. После обновления выходного сигнала вычитателя 30 содержание

блоков 18, 19, 20, 21 памяти также обновляют.

Проверка характеристик предлагаемого изобретения была проведена посредством моделирования. В качестве примера была рассмотрена ФАПЧ, использующая импульсы

45 начала фрейма сигнала Е1/Т1, следующих с частотой 8 кГц, в качестве опорного сигнала,

а также детектор временного рассогласования в качестве фазового дискриминатора и

подстраиваемый кварцевый генератор частотой 10 МГц в качестве управляемого

генератора. Старение кварцевого генератора составляло 10^{-10} /день, а температурный

уход в пределах 0-70°C составлял $\pm 10^{-10}$. Был рассмотрен скачкообразный опорный сигнал,

аналогичный Е1/Т1, включающий фазовый скачок на 2 мкс каждые 60 секунд. Необходимо

50 заметить, что традиционные алгоритмы ФАПЧ/ЧАП без компенсации фазового скачка не

работают в данных условиях. Тем не менее, при использовании заявляемого изобретения

характеристики ФАПЧ/ЧАП соответствуют представленному ниже графику фиг.4. На фиг.5

ФАПЧ/ЧАП не используется. На данном графике представлено наблюдаемое и оцененное

(после компенсации скачков) временное рассогласование.

На фиг.4 представлена зависимость абсолютного временного рассогласования выходного сигнала в нс (линия А) и частотной ошибки в Гц (линия Б) от времени в секундах в течение суток. Точность детектора временного рассогласования равна ± 2.5 нс, среднеквадратичного отклонения (СКО) временного дрожания фронта кварцевого генератора равна 1.5 пс.

На фиг.5 и 6. ФАПЧ/ЧАП не используется.

На фиг.5 представлена зависимость измеренного временного рассогласования $\times 10^9$ (линия А) и оцененного временного рассогласования (линия Б) от времени в секундах традиционной ФАПЧ. На фиг.6 представлена зависимость измеренного временного рассогласования $\times 10^9$ (линия А) и оцененного временного рассогласования (линия Б) от времени в секундах при использовании заявляемого компенсатора фазовых скачков.

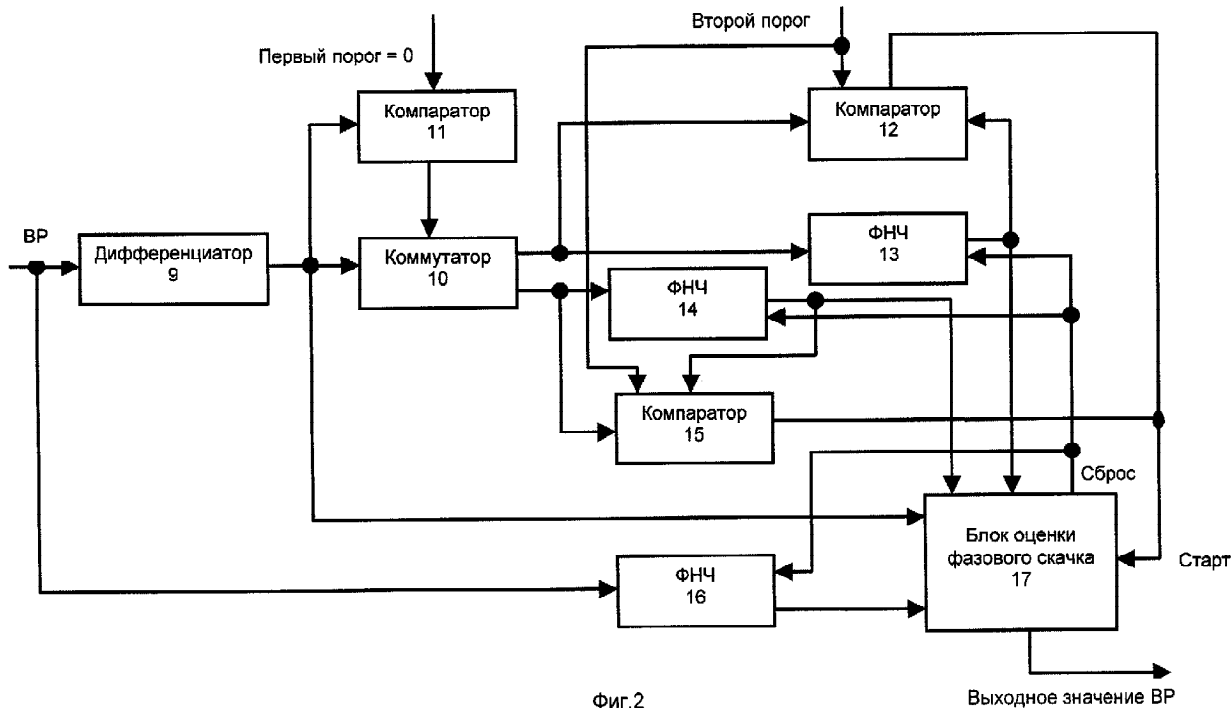
Результаты моделирования показывают, что метод компенсации фазовых скачков опорного сигнала ФАПЧ, предлагаемый изобретением, практически полностью компенсирует фазовые скачки опорного сигнала и позволяет системе ФАПЧ работать в нормальном режиме.

Формула изобретения

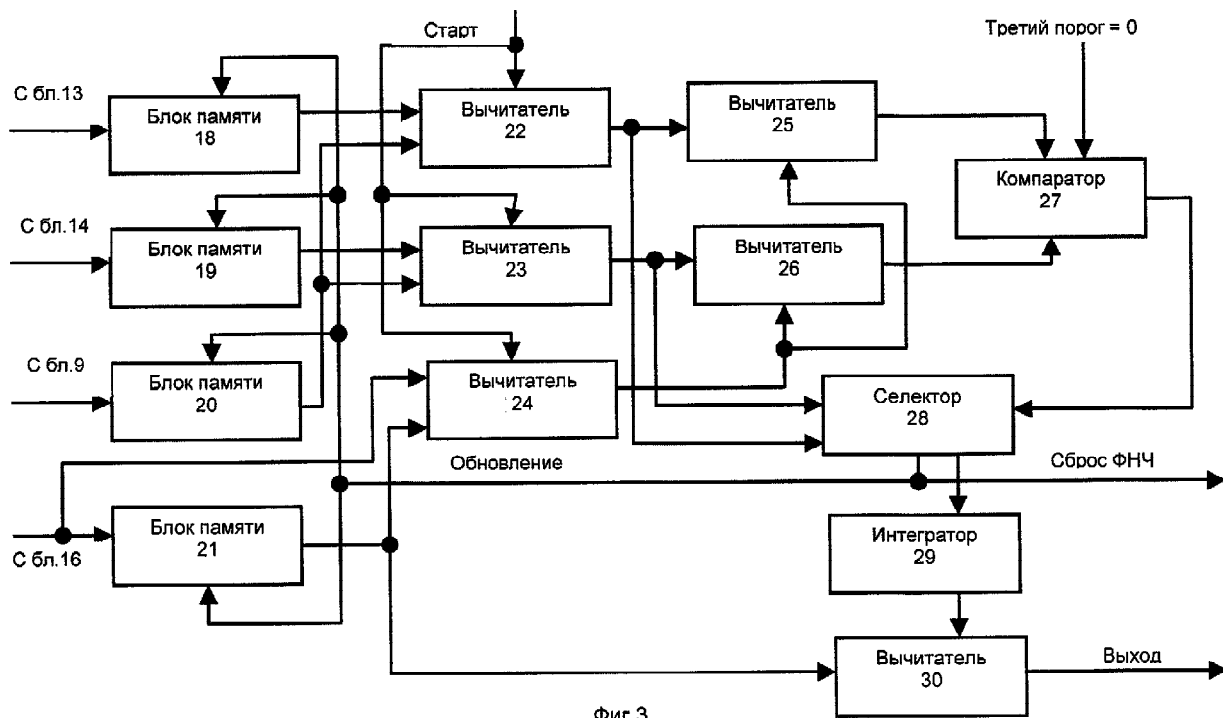
1. Способ компенсации скачков опорного сигнала фазовой автоподстройки частоты, заключающийся в том, что сравнивают фазы опорной и генерируемой последовательностей тактовых импульсов, получая исходный фазоразностный сигнал, а сигналом регулировки управляемого генератора является скорректированный фазоразностный сигнал, отличающийся тем, что фильтруют исходный фазоразностный сигнал, запоминают исходный и фильтрованный фазоразностные сигналы, определяют приращение текущего значения фазоразностного сигнала по сравнению с предыдущим значением, запоминают приращение текущего значения фазоразностного сигнала, отдельно фильтруют полученные положительные и отрицательные приращения текущего значения фазоразностного сигнала, запоминают фильтрованные приращения текущего значения фазоразностного сигнала, запоминание осуществляют на момент скачка, сравнивают текущее положительное или отрицательное значение приращения фазоразностного сигнала с соответствующим фильтрованным значением приращения фазоразностного сигнала, регистрируют фазовый скачок, если текущее положительное приращение фазоразностного сигнала выше положительного фильтрованного значения фазоразностного сигнала на величину заданного порога или текущее отрицательное приращение фазоразностного сигнала ниже отрицательного фильтрованного значения фазоразностного сигнала на величину заданного порога, в случае регистрации текущего фазового скачка оценивают величину предыдущего фазового скачка, используя запомненное значение приращения входного фазоразностного сигнала на момент предыдущего скачка, его текущее фильтрованное значение, а также фильтрованные положительные и отрицательные приращения фазоразностного сигнала на момент предыдущего скачка, суммируют величину полученной оценки скачка с предыдущими оценками, получают выходное скорректированное значение фазоразностного сигнала, путем вычитания суммарной величины оценки скачков из запомненного фильтрованного фазоразностного сигнала.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что оценку значения скачка осуществляют путем выбора одного из двух значений, равных приращению фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в этот момент.

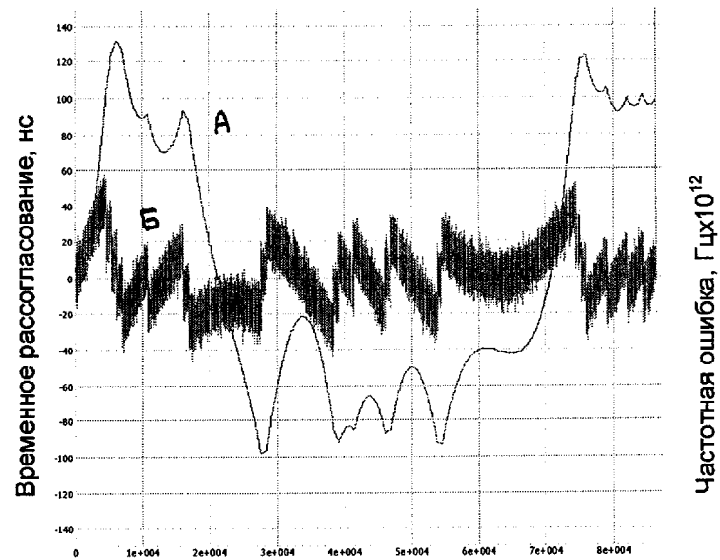
3. Способ по п.2, отличающийся тем, что выбор осуществляют в пользу того из двух значений, равных приращению фазоразностного сигнала в момент определения скачка и двух возможных фильтрованных приращений фазоразностного сигнала (положительного или отрицательного) в тот момент, которое ближе по модулю к разности значений фильтрованного фазоразностного сигнала до и после фазового скачка.



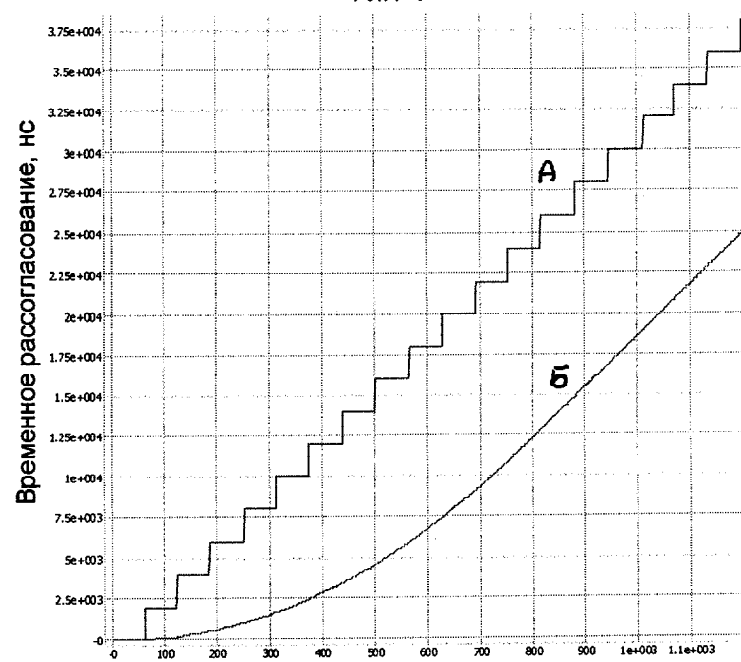
Фиг.2



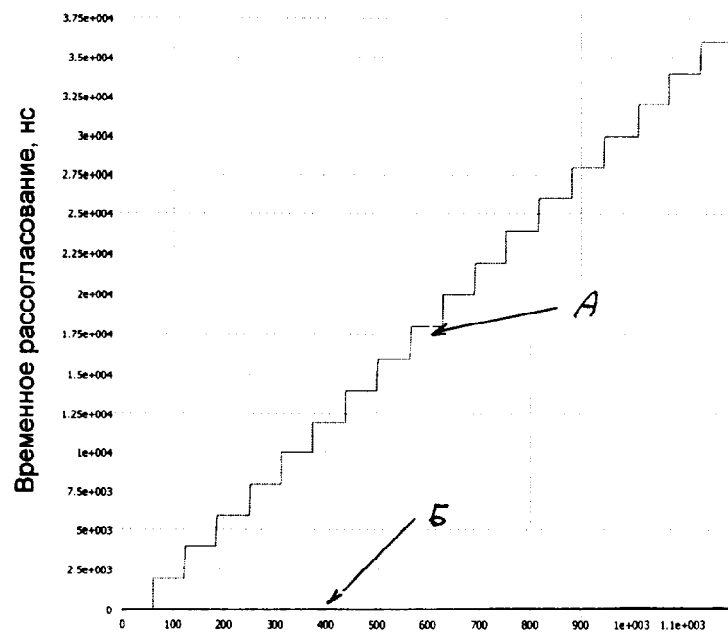
Фиг.3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6