

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19495**

(13) **С1**

(46) **2015.10.30**

(51) МПК

H 03B 29/00 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ШИРОКОПОЛОСНОГО
ХАОТИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ
СИНХРОНИЗАЦИИ**

(21) Номер заявки: а 20120746

(22) 2012.05.14

(43) 2013.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Кукин Дмитрий Петрович; Шилин Дмитрий Леонидович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) RU 2005102419 А, 2006.

ВУ 13663 С1, 2010.

RU 2379822 С1, 2010.

RU 51805 U1, 2006.

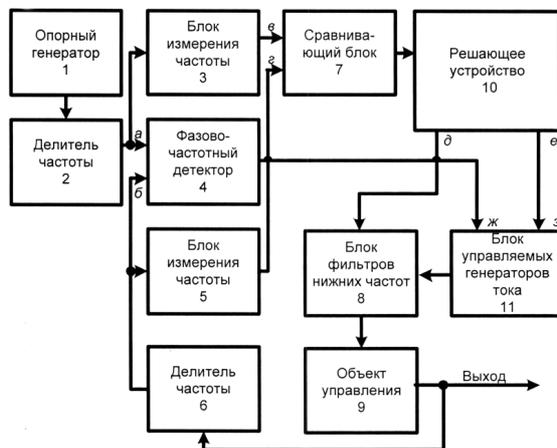
KZ 23594 А4, 2010.

US 6127899, 2000.

ШИЛИН Д.Л. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. - 2010. - № 8. - С. 107-114.

(57)

Устройство для генерации широкополосного хаотического сигнала на базе системы фазовой синхронизации, содержащее опорный генератор, фазово-частотный детектор и объект управления, отличающееся тем, что содержит два блока измерения частоты, два делителя частоты, сравнивающий блок, решающее устройство, блок фильтров нижних частот для задания хаотических режимов сигнала и блок управляемых генераторов тока, причем выход опорного генератора соединен со входом первого делителя частоты, выход которого соединен с первым входом фазово-частотного детектора и со входом первого блока измерения частоты, выход которого соединен с первым входом сравнивающего



Фиг. 1

ВУ 19495 С1 2015.10.30

блока, выход которого соединен со входом решающего устройства, первый выход которого соединен с управляющим входом упомянутого блока фильтров нижних частот, а второй выход - с первым входом блока управляемых генераторов тока, второй вход которого соединен с выходом фазово-частотного детектора, выход блока управляемых генераторов тока через упомянутый блок фильтров нижних частот соединен с управляющим входом объекта управления, выход которого является выходом хаотического сигнала устройства и соединен цепью обратной связи со входом второго делителя частоты, выход которого соединен со вторым входом фазово-частотного детектора и со входом второго блока измерения частоты, выход которого соединен со вторым входом сравнивающего блока.

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано в системах связи для реализации способов помехоустойчивой передачи информации с высокой степенью конфиденциальности.

В настоящее время принципы фазового управления находят широкое применение в различных областях современной техники. Система фазовой синхронизации (СФС) представляет собой схему, которая эффективно отслеживает разность фаз входного и опорного сигналов. Если разность фаз между входным и подстраиваемым сигналами системы постоянна, то СФС засинхронизирована. Если происходит изменение фазы (частоты) входного или подстраиваемого сигналов, то фазовый детектор в СФС будет вырабатывать сигнал ошибки, пропорциональный величине и полярности изменения фазы. Этот сигнал ошибки вызовет изменение фазы (частоты) опорного сигнала, так что состояние синхронизации вновь восстанавливается.

Широко известна обобщенная структурная схема СФС, включающая фазовый дискриминатор, делитель частоты с фиксированным коэффициентом деления, объект управления и фильтр нижних частот, образующие кольцо фазовой автоподстройки частоты [1]. СФС, созданные по этой схеме, характеризуются простотой схемотехнической реализации и обеспечивают высокие качественные параметры выходного сигнала.

В начале восьмидесятых годов прошлого века в СФС обнаружены явления, приводящие к возникновению хаотических колебаний. Упомянутые режимы возникают при большой диссипации в фильтре нижних частот второго порядка. Колебательно-вращательный хаос, характерный для СФС, является наиболее подходящим для использования в широкополосных системах связи на основе хаотических радиоимпульсов, потому что он позволяет получить колебания на выходе объекта управления с хаотической фазой и равномерной спектральной плотностью.

В настоящее время в прямохаотических системах связи наибольшее применение получили транзисторные генераторы амплитудно-фазового хаоса. Их особенностью является наличие значительных флуктуаций энергии хаотического радиоимпульса, особенно при малых длительностях импульсов. Для фазового хаоса, возникающего в СФС, такие флуктуации выражены значительно меньше, поэтому он является предпочтительным носителем информации для ряда приложений.

Известен ряд способов генерации широкополосных хаотических сигналов, например [2, 3]. Основным недостатком этих способов является их техническая сложность: для генерации широкополосного хаотического сигнала необходимо иметь несколько усилительных каскадов и один ограничительный каскад. Таким образом, устройство, основанное на данных способах, является многокомпонентным, причем на каждый компонент накладываются свои ограничения и условия работы, что увеличивает риск выхода из строя всего устройства при выходе из строя одного из его компонентов.

Наиболее близкими по физической сущности и технической реализации к предлагаемому устройству генерации хаотического сигнала являются устройство и способ генерации шумового сигнала, описанный в патенте [4].

Способ генерации шумового сигнала, описанный в упомянутой заявке на выдачу патента, предусматривает выполнение следующих операций: генерируют периодический сигнал в генераторе, управляемом напряжением; стабилизируют частоту периодического сигнала генератора, управляемого напряжением, относительно фазы опорного генератора с помощью петли СФС, при этом подают сигналы генератора, управляемого напряжением, и опорного генератора на входы фазово-частотного детектора; подают управляющий сигнал с выхода фазово-частотного детектора через петлевой фильтр на вход управления генератора, управляемого напряжением; подают стабилизированный сигнал с генератора, управляемого напряжением, на вход фазово-частотного детектора, в результате чего на выходе фазово-частотного детектора получают сигнал шума; задают частоту сигнала генератора гармонического сигнала; подают сигнал шума и сигнал с генератора гармонического сигнала соответственно на первый и второй входы преобразователя частоты, после чего на выходе преобразователя частоты получают сигнал шума, спектр которого имеет центр на заданной частоте сигнала генератора гармонического сигнала.

Существенным недостатком описанного выше способа является статичность параметров генератора, что в значительной степени сужает область его применения, а также конфиденциальность реализуемых на его базе методов помехоустойчивой передачи информации.

Задачей, решаемой настоящим изобретением, является преодоление недостатков и обеспечение достижения дополнительных преимуществ за счет создания устройства генерации широкополосного хаотического сигнала на базе СФС с переключаемыми параметрами.

Поставленная задача решается способом генерации широкополосного хаотического сигнала, включающим выявление разности фаз между входным и подстраиваемым колебаниями системы, выработку сигнала ошибки, пропорциональное сигналу ошибки изменение управляющего воздействия на объект управления, кроме этого, предусматривается возможность динамического изменения параметров генерирующего устройства путем воздействия на его характеристики. Переменные параметры должны принадлежать заранее рассчитанной области, предусматривающей возникновение в СФС режима колебательно-вращательного хаоса. Указанный режим является предпочтительным для функционирования генератора, так как колебательно-вращательный хаос является наиболее подходящим для использования в широкополосных и сверхширокополосных системах связи на основе хаотических радиоимпульсов, потому что он позволяет получить колебания на выходе объекта управления (например, генератора, управляемого напряжением) с хаотической фазой и равномерной спектральной плотностью, что подтверждается исследованиями [5].

Таким образом, целесообразным является применение способа генерации широкополосного хаотического сигнала с помощью СФС, при котором генерируют периодический сигнал в объекте управления; стабилизируют частоту периодического сигнала объекта управления относительно фазы опорного генератора с помощью петли СФС, при этом подают сигналы объекта управления и опорного генератора через делители частоты на входы фазово-частотного детектора, подают управляющий сигнал с выхода фазово-частотного детектора через блок управляемых генераторов тока и фильтр нижних частот на управляющий вход объекта управления; отличающегося тем, что сигнал шума снимают с выхода объекта управления; формируют управляющий сигнал на входе объекта управления в соответствии с видом дискриминационной характеристики, выбор которого осуществляют путем воздействия на решающее устройство; в процессе генерации средствами решающего устройства, воздействующего на параметры блока фильтров нижних частот, устанавливают один из заданных различных хаотических режимов.

Устройство для генерации широкополосного хаотического сигнала на базе СФС с переключаемыми параметрами содержащее: опорный генератор, фазово-частотный детек-

тор, объект управления, отличающееся тем, что введены два блока измерения частоты, два делителя частоты, сравнивающий блок, решающее устройство, блок управляемых генераторов тока, блок фильтров нижних частот; выход опорного генератора соединен со входом первого делителя частоты, являющегося источником входной последовательности импульсов, выход первого делителя частоты соединен с первым входом фазово-частотного детектора, а также со входом первого блока измерения частоты, выход первого блока измерения частоты подключен к первому входу сравнивающего блока, выход которого соединен со входом решающего устройства, первый выход решающего устройства подключен к управляющему входу блока фильтров нижних частот, второй выход решающего устройства соединен с управляющим входом блока управляемых генераторов тока, выход фазово-частотного детектора соединен со входом блока управляемых генераторов тока, выход блока управляемых генераторов тока через блок фильтров нижних частот соединен с управляющим входом объекта управления, выход объекта управления подключен ко входу второго делителя частоты, выход которого, в свою очередь, подключен ко второму входу фазово-частотного детектора, а также ко входу второго блока измерения частоты, выход которого, в свою очередь, подключен ко второму входу сравнивающего блока.

Сравнивающий блок в описанном выше устройстве необходим для выявления разности частот опорного и подстраиваемого колебаний, определение которой производится путем сравнения выходных сигналов блоков измерения частоты. Решающее устройство осуществляет следующие функции: формирует заданный вид дискриминационной характеристики, осуществляет установку одного из заданных хаотических режимов работы путем воздействия на параметры блока фильтров нижних частот, при необходимости осуществляет реализацию сложных алгоритмов управления объектом.

Признаки и преимущества настоящего изобретения поясняются более детально в последующем подробном описании со ссылками на фигуры, на которых представлено:

фиг. 1 - структурная схема предлагаемого устройства;

фиг. 2 - графики, демонстрирующие примеры спектров: а - колебаний на выходе блока фильтров нижних частот; б - мощности высокочастотного фазового хаоса на выходе объекта управления; иллюстрирующие равномерность в определенной полосе частот спектра колебаний на выходе устройства.

Структурная схема предлагаемого устройства приведена на фиг. 1.

Петля СФС содержит опорный генератор 1, делитель частоты 2, блок измерения частоты 3, фазово-частотный детектор 4, блок измерения частоты 5, делитель частоты 6, сравнивающий блок 7, блок фильтров нижних частот 8, объект управления 9, решающее устройство 10, блок управляемых генераторов тока 11. Выход опорного генератора 1 соединен со входом делителя частоты 2, являющегося источником входной последовательности импульсов, к которой осуществляется подстройка сигнала объекта управления 9. Выход делителя 2 частоты соединен со входом *a* фазово-частотного детектора 4 и со входом блока измерения частоты 3. Выход блока измерения частоты 3 подключен к входу *b* сравнивающего блока 7. Выход фазово-частотного детектора 4 соединен со входом *ж* блока управляемых генераторов тока 11, ко входу *з* которого подключен выход *e* решающего устройства 10, вход последнего, в свою очередь, подключен к выходу сравнивающего блока 7. Выход *д* решающего устройства 10 соединен с управляющим входом блока фильтров нижних частот 8. Выход блока управляемых генераторов тока 11 через блок фильтров нижних частот 8 соединен с управляющим входом объекта управления 9. Выход объекта управления 9 подключен ко входу делителя 6 частоты, выход которого, в свою очередь, подключен ко входу блока измерения частоты 5, а также ко входу *б* фазово-частотного детектора 4. Выход блока измерения частоты 5 подключен ко входу *г* сравнивающего блока 7.

Схема работает следующим образом.

В качестве источника входного сигнала взят опорный генератор 1, однако вместо него может быть применен любой другой источник периодических колебаний. При отклонении выходной частоты объекта управления 9 от частоты входного сигнала на выходе фазово-частотного детектора 4 появляется периодическая последовательность видеопульсов, частота следования которых равна поделенной частоте опорного генератора 1, а скважность - значению фазы сигнала от объекта управления 9. Фазово-частотный детектор 4 выполнен на триггерах и работает по принципу запоминания и хранения информации. В то же время на выходах блоков измерения частоты 3 и 5 формируются кодовые последовательности, соответствующие длительности периодов входного и подстраиваемого колебаний соответственно. Оцифровка временных промежутков блоками измерения частоты 3 и 5 осуществляется путем заполнения промежутка между фронтами входных импульсов блоков колебаниями высокой частоты с последующим их подсчетом и формированием двоичного кода, учитывающего знак выявленной разности фаз. Сформированные блоками 3 и 5 кодовые последовательности поступают на сравнивающий блок 7. Блок 7 выявляет разность между входными последовательностями. Полученная таким образом информация поступает на вход решающего устройства 10, которое осуществляет корректировку дискриминационной характеристики путем воздействия на управляющий вход блока управляемых генераторов тока 11, а также устанавливает свойства заранее заданного хаотического режима работы системы путем воздействия на параметры блока фильтров нижних частот 8. Параметры хаотических режимов, а также дискриминационной характеристики могут задаваться пользователем путем воздействия на решающее устройство 10, что позволяет реализовывать сложные алгоритмы конфиденциального закрытия информации. Блок управляемых генераторов тока 11 заряда/разряда представляет собой устройство, состоящее из двух последовательно соединенных генераторов тока заряда и разряда, генерирующих в соответствии с управляющим сигналом тока заряда и разряда [6]. Таким образом, на управляющий вход объекта 9 поступает сигнал, направленный в сторону изменения частоты входного колебания так, чтобы приближать частоту выходного сигнала к частоте входного. Блок фильтров нижних частот 8 представляет собой набор фильтров с различными, рассчитанными заранее характеристиками, задающими один из хаотических режимов работы СФС. Количество упомянутых режимов может быть достаточно большим и ограничивается только шириной областей хаоса на бифуркационной диаграмме конкретного устройства.

На фиг. 2а приведен пример спектра колебаний на выходе блока фильтров нижних частот, а на фиг. 2б - спектра мощности высокочастотного фазового хаоса на выходе объекта управления, подтверждающие равномерность получаемых характеристик, а следовательно, возможность применения предложенного устройства в качестве генератора широкополосного хаотического сигнала.

Новизна предлагаемого изобретения заключается в следующем:

в цепи управления предлагается использовать решающее устройство, позволяющее устанавливать один из возможных хаотических режимов работы системы путем воздействия на параметры блока фильтров нижних частот;

совместно с решающим устройством предлагается использовать блок фильтров нижних частот с заранее заданными параметрами, количество фильтров в котором соответствует числу различных хаотических режимов работы генератора.

Источники информации:

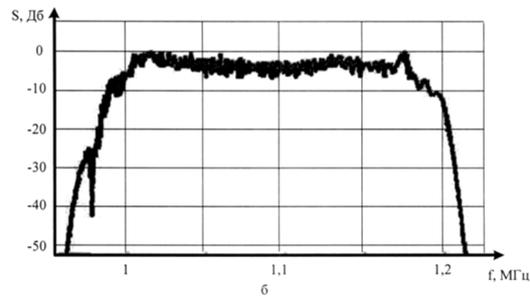
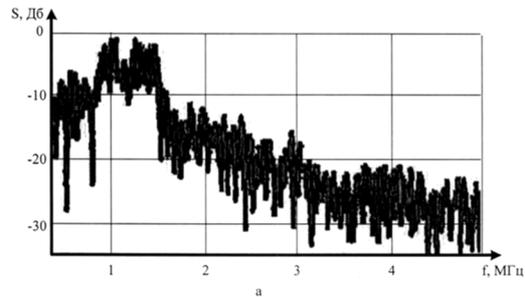
1. Шахгильдян В.В., Ляховкин А.А. Системы фазовой автоподстройки частоты. - М.: Связь, 1972.
2. Патент RU 2327278 C2, МПК Н 03В 29/00, 2005.
3. Патент RU 2185032 C2, МПК Н 04К 1/00, Н 04L 9/00, Н 04В 1/02, 2000.

BY 19495 C1 2015.10.30

4. Заявка RU 2005102419 А, МПК Н 03В 29/00, 2006.

5. Дмитриев А.С., Широков М.Е. Выбор генератора для прямохаотической системы связи // Радиотехника и электроника. - 2004. - Т. 49. - № 7. - С. 840-849.

6. Gardner F.M. Charge-Pump Phase-Lock Loops // IEEE Transactions on, I Communications. - V. com-28. - No. 11. - 1980. - P. 1849-1858.



Фиг. 2