

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Логинова Сергея Сергеевича
на диссертацию Рыбина Вячеслава Геннадьевича
на тему «Математическое и компьютерное моделирование генераторов
хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой
симметрией»
по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Рыбина Вячеслава Геннадьевича на тему: «Математическое и компьютерное моделирование генераторов хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой симметрией» посвящена разработке математического и программного обеспечения генераторов хаотических сигналов – важного класса устройств, используемых во многих приложениях теории динамического хаоса. Основной идеей работы является применение полуявных численных методов интегрирования с управляемой симметрией для создания математических и исполняемых моделей генераторов хаотических сигналов с новым типом модуляции.

В литературе описано множество возможных приложений генераторов хаотических колебаний, включая создание высокочувствительных мультисенсорных датчиков, эффективных криптографических алгоритмов, защищенных систем передачи данных, аппаратуры радио- и эхолокации и мн. др. Важным отличием хаотических сигналов от прочих шумоподобных псевдослучайных сигналов выступает их детерминированность и, следовательно, повторяемость и управляемость за счет наличия системы определяющих дифференциальных или алгебраических уравнений. В качестве ключевых преимуществ хаотических сигналов можно выделить простоту реализации, возможность гибкого управления режимами колебаний хаотического генератора и получения с одного генератора нескольких ортогональных сигналов. Вместе с этим генерация, передача, прием и обработка хаотических сигналов является относительно нетривиальной задачей и требует создания специализированного математического и программного обеспечения, на что и направлена представленная к оппонированию диссертационная работа.

Таким образом, актуальность диссертационной работы Рыбина В.Г. заключается в решении проблемы синтеза цифровых моделей генераторов хаотических сигналов путем создания новых средств математического и компьютерного моделирования хаотических систем с использованием полуявных численных методов интегрирования с управляемой симметрией.

Структура диссертационной работы

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка сокращений и обозначений, списка литературы и приложений.

Во введении автор раскрывает актуальность и новизну диссертационного исследования, формулирует цели и задачи исследования, определяет объект и предмет исследования. Также во введении автором сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор проводит анализ особенностей архитектур генераторов хаотических сигналов и способов их модуляции на характеристики хаотических систем связи. В главе рассмотрены основные виды модуляции, применяемые в когерентных хаотических системах связи, сформулированы их преимущества и недостатки. Сформулирована уточненная цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе диссертационной работы автор представляет описание полувывных численных методов интегрирования с управляемой симметрией и способ синтеза конечно-разностных моделей генераторов хаотических сигналов на их основе. Обосновывается возможность модуляции хаотических сигналов с помощью динамического управления устойчивостью конечно-разностной схемы через изменение симметрии конечно-разностной схемы. Продемонстрировано, что предлагаемые математические модели генераторов хаотических сигналов сохраняют заданный режим колебаний при долгосрочном моделировании в отличие от моделей, полученных классическими методами интегрирования.

В третьей главе диссертационного исследования описаны разработанные элементы программного обеспечения для моделирования и оценки характеристик генераторов хаотических сигналов в составе когерентных систем связи. Описаны способы оценки свойств хаотических сигналов, включая авторский способ оценки различимости сигналов на основе фазово-амплитудных возвратных преобразований, инструменты оптимизации параметров синхронизации генераторов хаотических сигналов, а также представлено программное обеспечение реализующее предложенные средства анализа.

В четвертой главе диссертационной работы описаны экспериментальные исследования имитационных и полунатурных моделей генераторов хаотических сигналов в составе прототипа проводной системы передачи данных. В результате экспериментального исследования было выявлено что использование генераторов хаотических сигналов на основе консервативных систем, полученных с помощью полувывных численных методов интегрирования, а также предложенного автором диссертации способа модуляции хаотических сигналов позволяет добиться наилучших

результатов с точки зрения минимизации числа битовых ошибок и снижения различимости сигналов по сравнению с применением диссипативных систем и параметрической модуляции. Разработанные в диссертационном исследовании методы и алгоритмы оптимизации коэффициентов синхронизации позволяют определить оптимальные параметры синхронизации, что может значительно увеличить скорость передачи сообщений.

В заключении автор подводит итоги проделанной работы, делает обоснованные выводы о достижении поставленных задач исследования, обобщает полученные результаты.

Основные научные результаты и их новизна

В представленной диссертационной работе предложены новые математические и исполняемые модели генераторов хаотических сигналов, реализующие предложенный автором новый способ модуляции, который основан на управляемых геометрических свойствах полуявных численных методов интегрирования с адаптивной симметрией. Авторский способ модуляции основан на контролируемом изменении симметрии фазового пространства конечно-разностных моделей хаотических систем, что позволяет снизить различимость генерируемых сигналов при кодировании передаваемых сообщений и расширить пространство ключей за счет дополнительного параметра – симметрии схемы. При этом использование вычислительно эффективных полуявных численных методов интегрирования позволяет синтезировать более адекватные непрерывным прототипам математические модели генераторов хаотического сигнала, по сравнению с моделями, полученными с помощью классических явных и неявных методов численного интегрирования.

Автором диссертационной работы также предложены новые алгоритмы для оптимизации коэффициентов синхронизации генераторов хаотических, и новый способ оценки различимости сигналов на основе модифицированного метода возвратных преобразований. Заявленные результаты диссертационного исследования оригинальны и обладают научной новизной.

Практическая значимость

Предложенные в диссертационной работе инструменты анализа и оптимизации параметров синхронизации генераторов хаотических сигналов апробированы при создании прототипа когерентной хаотической системы связи в рамках НИР РФ № 20-79-10334 от 27.07.2020 «Защищенные системы связи на основе хаотических отображений с управляемой симметрией». Разработанные автором схемы генераторов хаотических колебаний для средств модуляции/демодуляции и

маскирования/демаскирования информации на основе применения полуявных численных методов интегрирования с управляемой симметрией используются в учебном процессе СПбГЭТУ (ЛЭТИ).

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Исходя из анализа основных научных результатов диссертации, можно сделать вывод, что научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, достаточно обоснованы и достоверны, обладают научной новизной. Обоснованность и достоверность научных результатов подтверждаются корректным применением современных методов численного интегрирования, теоретических основ нелинейной динамики, теории подобия и моделирования, а также методов анализа нелинейных систем.

Основные недостатки диссертационной работе

В диссертационной работе выявлены следующие недостатки:

1. На стр.11 Автореферата и в разделе 2.1.2 речь идет об адекватности дискретной модели схем генераторов хаотических колебаний непрерывному прототипу, в то же время приведено лишь сопоставление старших показателей Ляпунова и объемов фазового пространства для различных методов численного интегрирования. Вопрос соответствия непрерывному прототипу требует пояснения.

2. На стр.62 диссертации п.5, требует пояснения фраза, что ведомая система «совпадает с динамикой с задержкой по времени относительно ведущей системы».

3. На рис.4.11а, стр.108 присутствуют выбросы в зависимостях $BER=f(SNR)$. Необходимо изложить мнение автора о причинах данных выбросов.

4. На рис.4.21 необходимо уточнить причину появления периодических пиков нормы ошибок синхронизации в зависимости от времени.

5. На стр.86, в формуле (3.3) приведена запись соответствующая элементу матрицы расстояний, а не сама матрица расстояний как об это говорится в тексте.

6. Требует пояснения использование отношения сигнал/шум по мощности, а не отношения энергии на бит информации к спектральной плотности мощности шума в графиках BER, приведенных на рис.4.23-4.26.

Приведенные недостатки не оказывают принципиального влияния на общую оценку работы, как диссертационной работы достаточно высокого уровня.

Заключение

Диссертационная работа Рыбина В.Г. на тему «Математическое и компьютерное моделирование генераторов хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой симметрией» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную разработке математического и программного обеспечения генераторов хаотических колебаний для средств модуляции/демодуляции и маскирования/демаскирования информации на основе применения полуявных численных методов интегрирования с управляемой симметрией.

Представленная диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, указанным в п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а также пп. 3, 5, 6 паспорта специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Результаты диссертационного исследования были апробированы на российских и международных конференциях, а также опубликованы в научных журналах, входящих в перечень ВАК и международные базы цитирования Scopus и Web of Science.

Считаю, что автор диссертационного исследования, Рыбин Вячеслав Геннадьевич, заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Профессор кафедры электронных и
квантовых средств передачи
информации, ФГБОУ ВО «Казанский
национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-
КАИ», доктор технических наук,
доцент



Логинов С.С.

14.06.2014

адрес: 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10
тел.: +7 (905) 023-67-99
сайт: www.kai.ru
эл. почта: sslogin@mail.ru;

Подпись Логинов С.С.
заверяю. Начальник управления
делами производства и контроля

