

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, доцента Осипова Григория Владимировича
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 посвящена проблеме генерации хаотических сигналов с помощью численного решения определяющих дифференциальных уравнений. Использование хаотических систем в инженерной практике обосновано их высокой чувствительностью к изменению параметров, шумоподобностью порождаемых ими сигналов, а также относительной простотой аппаратной реализации генераторов хаотических сигналов. Преимуществами хаотических сигналов являются диапазон параметров управления режимами колебаний хаотического генератора, устойчивость к перекрестной помехе и способность к синхронизации. Для успешного решения задачи построения технических систем, использующих хаотические сигналы, необходимо создать математические и компьютерные модели генераторов подобных сигналов с заданными свойствами. Другими требованиями к генераторам хаотических сигналов выступают увеличение пространства параметров и устойчивость к деградации хаотического режима, т.е. способность поддерживать заданный режим колебаний на длительных интервалах времени. Таким образом, актуальность рассматриваемой диссертационной работы 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. Диссертационная работа Рыбина Вячеслава Геннадьевича является актуальной как с точки зрения теории моделирования хаотических систем, так и в контексте инженерной практики в области разработки приложений теории хаоса.

Основные научные результаты и их новизна

Автором диссертационной работы предложены новые математические и исполняемые модели генераторов хаотических сигналов, позволяющие реализовать новый способ модуляции, основанный на семействе полуявных симметричных численных методов интегрирования с управляемыми геометрическими свойствами. Предложенный способ модуляции предусматривает динамическое изменение симметрии полуявной конечно-разностной схемы и позволяет снизить обнаруживаемость генерируемого сигнала при кодировании полезной информации. Предложенные Рыбиным В.Г. математические и исполняемые модели хаотических генераторов обладают большей адекватностью непрерывным прототипам, по сравнению с математическими моделями, полученными с помощью явных и неявных методов численного интегрирования. Представленный в диссертационной работе способ модуляции расширяет список эффективных методов модуляции хаотических сигналов и позволяет повысить качество инженерных решений на их основе. Автором диссертационной работы созданы новые алгоритмы и программное обеспечение для оптимизации коэффициентов синхронизации при разработке приемников и передатчиков хаотического сигнала, а также предложен новый способ оценки различимости сигналов на основе модифицированного метода возвратных преобразований,

обладающий большей чувствительностью по сравнению с инструментами на основе спектрального и рекуррентного анализа. Заявленные результаты диссертационного исследования оригинальны и обладают научной новизной.

Цель диссертационной работы и ее структура

Заявленная цель диссертационного исследования - повышение адекватности математического и компьютерного моделирования, а также основных характеристик цифровых генераторов хаотических сигналов, применяемых в хаотических системах связи. Цель сформулирована корректно и содержит указание на потенциальную область применения результатов.

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

Во введении автором обоснованы актуальность и новизна диссертации, сформулированы цели и задачи исследования. Определены объект и предмет исследования, выбран методологический аппарат исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации автор описывает особенности математического и компьютерного моделирования генераторов хаотических сигналов. Представлена общая классификация систем передачи цифровых сообщений на основе динамического хаоса, как потенциальной области приложения полученных результатов. Автор диссертации описывает и анализирует недостатки распространенных подходов к моделированию технических систем, использующих хаотические сигналы, формулирует требования к математическому аппарату, используемому при синтезе цифровых моделей генераторов хаотических колебаний.

Вторая глава представленной диссертационной работы посвящена математическому обеспечению генераторов хаотических колебаний. Автор излагает основные требования, предъявляемые к математическим и исполняемым моделям генераторов хаотических сигналов в контексте выбранной прикладной области. В качестве метода численного моделирования непрерывных хаотических систем выбран композиционный полуявный метод интегрирования второго порядка. Автор демонстрирует, что применение полуявных алгоритмов численного интегрирования для построения конечно-разностных моделей генераторов хаотических колебаний позволяет повысить их адекватность непрерывным прототипам. В главе также описаны математические модели приемника и передатчика хаотических сигналов, реализующие новый способ модуляции. Глава завершается выводами о требованиях к программному обеспечению для моделирования и оценки характеристик генераторов хаотических сигналов.

В третьей главе автор диссертации детально описывает созданные им алгоритмы и программное обеспечение для компьютерного моделирования и исследования генераторов хаотических колебаний. Изложены способы оценки свойств хаотических сигналов и программные средства анализа на их основе, в том числе, новый способ оценки разницы между двумя сигналами с использованием амплитудно-фазовых возвратных преобразований. Результаты моделирования генераторов хаотических колебаний, основанных на предложенном автором способе модуляции с изменением симметрии конечно-разностной схемы, показывают, что данный способ несущественно влияет на общую нелинейную динамику системы и позволяет генерировать хаотические сигналы, обладающие меньшей различимостью по сравнению с генераторами, основанными на параметрической модуляции.

В четвертой главе описаны результаты экспериментального исследования, подтверждающие основные положения диссертации. В главе исследуется эффективность разработанных методов и средств моделирования генераторов хаотических сигналов с точки зрения воспроизведения их основных характеристик, обозначенных ранее в главе 1. Эксперименты включают в себя имитационное моделирование генераторов хаотических сигналов в среде разработки виртуальных приборов NI LabVIEW, а также исследование характеристик моделей элементов когерентной хаотической системы связи, основанных на предложенных генераторах хаотических сигналов.

В заключении автор обобщает полученные новые знания, формулирует основные результаты работы, определяет их соответствие поставленным задачам диссертационного исследования и делает выводы об их достижении. Диссертация написана понятным языком, хорошо иллюстрирована, содержит детальный обзор современной литературы в заданной предметной области.

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

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается результатами компьютерного и полунатурного моделирования, экспериментами с компьютерными моделями генераторов хаотических колебаний, а также имитационным моделированием элементов когерентной хаотической системы связи на их основе. Предложенные средства оценки 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». Экспериментальные результаты диссертационного исследования хорошо согласуются с теоретическими положениями работы.

Замечания по диссертационной работе

В диссертационной работе выявлены следующие недостатки:

1. В работе встречается термин «аппаратно-ориентированные численные методы интегрирования», но нигде не дается определение таких методов. Каковы свойства аппаратно-ориентированных численных методов, критерии отнесения методов к данному классу?

2. В диссертации предложено использовать изменение параметров численного метода для модуляции сигнала, порождаемого конечно-разностной моделью на его основе. Известно множество численных методов интегрирования, однако автором был выбран класс полуявных композиционных интеграторов. Чем обусловлен этот выбор? Можно ли использовать другие классы методов подобным образом?

3. В главе 2 указано что в работе сделан выбор в пользу генераторов сигналов на основе численного решения дифференциальных уравнений, описывающих непрерывные хаотические системы. Известно, что многие дискретные хаотические отображения (напр., логистическое отображение, отображение Эно и др.) порождают сигналы, более близкие к шуму по спектральным характеристикам, а также проще реализуемы на ЭВМ за счет меньшего числа арифметических операций. С чем связан выбор способа генерации хаотических сигналов через решение определяющих дифференциальных уравнений?

4. Диссертационная работа и автореферат имеют ряд редакционных неточностей. Так, в главе 2 часть ссылок на рисунки имеют нумерацию, начинающуюся с цифры 1 вместо 2.

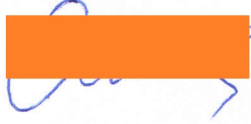
Заключение

Диссертационная работа Рыбина Вячеслава Геннадьевича на тему «Математическое и компьютерное моделирование генераторов хаотических колебаний на основе численных методов с управляемой симметрией» соответствует пунктам 3, 5 и 6 паспорта специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, указанным в п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней».

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

Заведующий кафедрой теории управления
и динамики систем, ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»,
доктор физико-математических наук, доцент



Осипов Г.В.

адрес: 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
тел.: +7 (929) 040-14-04
сайт: www.unn.ru
эл. почта: grosipov@gmail.com

Подпись Осипова Г.В. заверяю
Проректор ННГУ им. Н.И.Лобачевского по стратегическому
развитию



Авралев Н.В.

17.06.2024