

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
НГТУ им. Р. Е. Алексеева,

д.т.н., доцент

Н. Ю. Бабанов

« 20 » августа 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

Нижегородского государственного технического университета
им. Р. Е. Алексеева на диссертацию и автореферат диссертации

Долининой Анастасии Александровны

на тему: «Понижение порядка уравнений для моделирования аналоговых радиотехнических устройств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы

Развитие радиоэлектронных средств, освоение новых частотных диапазонов, способов извлечения информации, приводят к росту сложности радиотехнических систем (РТС), при этом требования к ним и процессам их проектирования повышаются. Одной из самых сложных для проектирования и определяющей основные параметры и характеристики РТС является аналоговая часть, представленная аналоговыми частями радиотехнических устройств (РТУ). При проектировании аналоговой части может потребоваться использование математической модели, размерность которой при учете паразитных элементов может достигать сотен тысяч уравнений. При этом, продолжительность процесса моделирования может оказаться чрезмерной для целей проектирования. В этой связи необходима разработка экономичных алгоритмов для моделирования аналоговой части РТУ.

С целью обеспечения экономичности процесса моделирования в последние 10-20 лет имеется значительный интерес к применению методов на основе подходов понижения порядка моделей (методы сокращения размерностей, в зарубежной литературе – Model Order Reduction (MOR)). В настоящее время существуют эффективные подходы, позволяющие получить модели сокращенной размерности линейных РТУ. Однако, модели сокращенной размерности нелинейных РТУ зачастую не являются эффективными, так как требуют больших вычислительных затрат и не обеспечивают необходимые значения точности. По этим причинам необходимы дальнейшие исследования, направленные на совершенствование существующих и разработку новых методов моделирования аналоговой части РТУ на основе подходов понижения порядка моделей.

Таким образом, тема диссертации Долининой А.А. посвященная развитию методов моделирования на основе подходов понижения порядка математических моделей представляет актуальную научно-техническую задачу, решение которой

позволит повысить качество разработки РТУ и РТС, уменьшить сроки и стоимость их проектирования.

Общие характеристики работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Основная часть диссертации изложена на 374 страницах машинописного текста. Оформление работы и автореферата соответствует рекомендациям ВАК РФ для кандидатских диссертаций. Диссертационная работа написана на профессиональном уровне и имеет хорошее оформление. Полученные в диссертационной работе результаты соответствуют направлению областей исследования заявленной специальности, а именно п.п. 1, 3, 8 паспорта специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе подтверждается результатами моделирования, полученными в системах Advanced Design System (ADS), National Instruments Applied Wave Research (AWR) Design Environment и Computer Simulation Technology (CST) Studio Suite. Теоретические выводы построены на известных и проверяемых данных и согласуются с опубликованными экспериментальными результатами по теме диссертации и смежным отраслям в изданиях, входящих в базу данных Scopus и Web of Science. Предложенные модифицированные методы и алгоритмы базируются на основе существующих подходов в области понижения порядка моделей.

Основные результаты диссертации опубликованы в 21 печатной работе. Из них две публикации реферируются в базе данных Scopus и занесены в базу данных Web of Science, один доклад опубликован в материалах Analog Workshop - 2017 (Берлин), 6 занесено в РИНЦ, 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 статей в сборниках научных трудов, 9 тезисов докладов в трудах Международных конференций и семинаров, 4 всероссийских и 3 внутриуниверситетских конференций. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна полученных результатов, проведенных исследований, формулировок и выводов

Для достижения основной цели, состоящей в разработке эффективных методов понижения порядка моделей для сокращения сроков проектирования аналоговых радиотехнических устройств автором решены, поставленные задачи и получены новые научные результаты. Научную новизну диссертационной работы составляют следующие теоретические результаты:

1. Выполнено экспериментальное сравнение основных методов понижения порядка моделей линейных радиотехнических устройств (метода моментов, метода на основе сингулярного разложения и метода на основе усеченной сбалансированной реализации) для дальнейшего их использования при понижении порядка моделей схем, имеющих нелинейные свойства. Выполнено экспериментальное

сравнение кусочно-аппроксимационных подходов понижения порядка моделей нелинейной аналоговой части радиотехнических устройств первого и второго порядка для дальнейшего их использования при понижении порядка моделей схем.

2. Разработан новый алгоритм отбора точек пространства переменных состояния, позволяющий повысить вычислительную эффективность моделей сокращенной размерности аналоговой части радиотехнических устройств.

3. Разработан новый модифицированный проекционный метод, позволяющий повысить точность моделей сокращенной размерности радиотехнических устройств.

Значимость полученных результатов для науки и производства

Практическая ценность полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что применено сочетание разработанных модифицированных методов и алгоритмов, что дало возможность формирования моделей сокращенной размерности радиотехнических устройств, обладающих высокими показателями в аспектах использования вычислительных ресурсов и точности. Создано приложение в среде Matlab, формирующее модели сокращенной размерности линейных и нелинейных, в том числе с большим числом выводов, радиотехнических устройств. Выполнены исследования подходов понижения порядка линейных и нелинейных радиотехнических устройств на тестовых примерах. Выполнено исследование применения методов понижения порядка моделей с применением разработанных алгоритмов и модифицированных методов для нелинейных радиотехнических устройств на тестовых примерах. Для ряда тестов показано ускорение до двух-трех порядков для линейных и нелинейных моделей, при допустимом уровне ошибки.

Результаты диссертации использованы в рамках:

- НИР № ГБ-922/14, ГБ-1048/16, ГБ-1087/17 на кафедре Вычислительной техники и систем управления Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых;

- в рамках грантов (№ 8.755.2016/ДААД и №8.12723.2018/12.2 (получен в 2018г. для продолжения исследований)) DAAD в Берлинском техническом университете (Technische Universität Berlin);

- в рамках договора о сотрудничестве с European Network on High Performance and Embedded Architecture and Compilation (HiPEAC) в Берлинском техническом университете (Technische Universität Berlin) (договор №H2020-ICT-2015-687698);

- полученные результаты исследований в виде методик и программного обеспечения внедрены в учебный процесс кафедры Вычислительной техники и систем управления Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Долининой А.А., а также разработанное программное обеспечение, реализующее научные результаты исследования могут быть рекомендованы для использования в процессах разработки аналоговой части радиотехнических систем и устройств различного назначения.

Полученные результаты рекомендуются к использованию в организациях, специализирующихся на разработке программного обеспечения для систем непрерывной информационной поддержки жизненного цикла радиоэлектронных средств, в частности в ФГУП ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е.Седакова, ФНПЦ АО «НПП «Полет», а также в учебном процессе ВУЗов в рамках дисциплин радиотехнического цикла, в частности и в учебном процессе ИРИТ НГТУ им. Р. Е. Алексеева.

Замечания и недостатки

1. Третья глава диссертации, посвященная описанию программной реализации методов понижения порядка нелинейных радиотехнических устройств перегружена блок схемами алгоритмов, реализующих отдельные операции реализации формирования моделей сокращенной размерности. Имеются замечания к последовательности изложения материалов диссертации, так, материалы второй главы, посвященные разработке модифицированных методов понижения порядка, имеют ссылки вперед на материалы четвертой главы в которой приведены результаты экспериментальных исследований.

2. В качестве обоснования величины допустимой ошибки, вносимой при сокращении размерности математической модели аналоговой части радиотехнического устройства, автор использует требования (погрешность до 3%), определенные для смежной с радиотехникой области – проектирования полупроводниковых устройств. При этом, используются материалы приложений к Международному плану по развитию полупроводниковой технологии (ITRS - International Technology Roadmap for Semiconductors) версии 2012 года. ITRS этой версии действительно определял требования обеспечения погрешности моделирования отдельных процессов в полупроводниковых приборах от 3 до 10% и сокращению времени моделирования на 40% к 2019 году. Вместе с тем, эти требования применяются к полным моделям полупроводниковых приборов. В связи с этим, представляется, что распространение требований ITRS для полупроводниковых приборов на модели сокращенной размерности является обобщением, требующем дополнительного обоснования.

3. Применяемый в работе термин “модель сокращенной размерности” является производным от перевода англоязычного термина MOR, Model Order Reduction. Представляется, что восприятие текста диссертации улучшило бы применение синонимов термина, таких как “упрощенная модель, аппроксимированная модель, макро модель и т.п.”.

4. Работа в большей степени освещает вопросы создания аппроксимированных моделей аналоговой части радиотехнических устройств, вместе с тем, на наш взгляд, вопросам применения этих моделей в процессах разработки радиотехнических узлов и систем уделено недостаточное внимание. Как следует из текста диссертации, названный тип модели необходимо применять в ситуациях, когда избыточная сложность устройства или системы приводит к невозможности или нецелесообразности моделирования. Действительно, произведя декомпозицию аналоговой части устройства, аппроксимировав части с использованием предложенных в работе модификаций методов, возможно провести моделирование устройства в целом. Более перспективной представляется возможность проектирова-

ния части устройства на уровне полной модели в окружении остальных частей устройства, к которым применено понижение порядка. В этом случае применение многовариантного моделирования разрабатываемой части может позволить получить качественные результаты разработки при приемлемых накладных затратах.

Заключение

Диссертация Долининой А.А. представляет собой законченную диссертационную работу, выполненную на актуальную тему. Сформированные в работе теоретические положения и практические выводы представляют собой решение задачи сокращения затрат на моделирование аналоговых частей при проектировании радиотехнических устройств имеющей важное значение в процессах разработки радиотехнических систем различного назначения.

Текст диссертации написан четким научным языком, автореферат соответствует содержанию диссертации. Отмеченные недочеты и недостатки не являются критическими, носят в основном характер рекомендаций в направлениях дальнейших исследований и не влияют на общий высокий уровень диссертации. Полученные в диссертации научные результаты имеют важное значение для решения актуальной научной разработки радиотехнических систем с заданными показателями назначения в определенные сроки.

Таким образом, работа отвечает требованиям действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Соискатель Долинина А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв обсужден на объединенном заседании кафедр «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» и «Информационные радиосистемы» института радиоэлектроники и информационных технологий НГТУ им. Р. Е. Алексеева

(Протокол № __1__ от «_20»__августа__ 2018 г.).

Зам. директора ИРИТ,
д.т.н., профессор

В. П. Хранилов

Зав. кафедрой «Компьютерные
технологии в проектировании и производстве»,
д.т.н., профессор

С.Л. Моругин

Зав. кафедрой «Информационные
радиосистемы»,
д.т.н., профессор

А.Г. Рындык

