

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
работе ВлГУ

д.т.н., профессор

А.В. Федин

«18» июня 2018 года



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ)

Диссертация Долининой Анастасии Александровны «Понижение порядка уравнений для моделирования аналоговых радиотехнических устройств» выполнена на кафедре «Вычислительная техника и системы управления» института информационных технологий и радиотехники, ВлГУ.

В период подготовки диссертации Долинина Анастасия Александровна являлась аспирантом очной формы обучения кафедры «Вычислительная техника и системы управления» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» с 2014 по 2018 год.

В 2014 году Долинина Анастасия Александровна с отличием окончила магистратуру в ВлГУ по специальности «Информатика и вычислительная техника».

Долинина Анастасия Александровна сдала все кандидатские экзамены в ВлГУ: история и философия науки – отлично; иностранный язык – отлично; специальная дисциплина 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения – отлично.

Научный руководитель - Ланцов Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника и системы

управления» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

По итогам обсуждения на кафедральном заседании принято следующее заключение:

Оценка выполненной автором диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена теме «Понижение порядка уравнений для моделирования аналоговых радиотехнических устройств». 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. Вместе с тем, сроки проектирования РТС постоянно увеличиваются с повышением общей сложности систем. Сокращение сроков проектирования РТС является одной из актуальнейших задач.

Одной из самых сложных для проектирования и определяющей основные параметры и характеристики РТС является аналоговая часть, представленная аналоговыми частями радиотехнических устройств (РТУ). Особенностью проектирования аналоговой части является использование математической модели, размерность которой, особенно при учете всех паразитных элементов, достигает сотен тысяч уравнений (переменных состояний). При этом, продолжительность процесса моделирования может оказаться чрезмерной для целей проектирования. В этой связи необходима разработка новых эффективных алгоритмов для моделирования аналоговой части РТУ.

В настоящее время многообещающими в аспекте эффективности методами моделирования являются методы на основе подходов понижения порядка моделей. В работе показано, что в настоящее время существуют эффективные подходы, позволяющие получить модели сокращенной размерности линейных РТУ. При этом, понижение порядка математических моделей нелинейной аналоговой части РТУ является существенно более сложной задачей и не имеет на настоящий момент полноценных решений. Таким образом, развитие методов моделирования на основе

подходов понижения порядка моделей представляет актуальную научно-техническую задачу, решение которой позволит повысить качество разработки РТУ и РТС, уменьшить сроки и стоимость их проектирования.

В работе определено, что причиной недостаточной эффективности кусочно-аппроксимационных методов являются большие вычислительные затраты при вычислении весовых функций. Для снижения затрат предложен новый алгоритм определения ближайшего окружения точки текущего состояния РТУ на основе использования матрицы дистанций точек линеаризации. Применение предложенного алгоритма существенно снижает вычислительные затраты при использовании моделей сокращенной размерности за счет того, что уменьшается количество точек для которых вычисляются весовые функции, часть вычислительных затрат вынесена на этап подготовки модели и выполняется один раз, при формировании матрицы дистанций.

В работе показано, что результаты применения кусочно-аппроксимационных методов имеют значительную погрешность. Для повышения точности кусочно-аппроксимационных подходов в главе предложен модифицированный проекционный метод. Метод использует проекционные матрицы $U_i^{j,l \in J}$, построенные на участках траектории (локальные проекции). Предложено общую систему уравнений формировать посредством общего проекционного базиса U (глобальной проекции траектории). Применение предложенного метода повышает точность получаемых моделей за счет использования информации о существенных переменных для всего динамического диапазона модели.

Для тестирования разработанных методов и алгоритмов разработано программное обеспечение, формирующее модели сокращенной размерности схем линейных и нелинейных схем РТУ. В работе описано разработанное программное обеспечение и приведены результаты применения моделей сокращенной размерности схем тестовых устройств. На тестовых примерах показано существенное ускорение процессов моделирования при допустимом уровне ошибки.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертационной работе

Все результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично. Постановка цели и задач, обсуждение планов исследований и результатов выполнены совместно с научным руководителем.

Разработанные Долининой А.А. теоретические положения, а также результаты практического исследования являются плодами самостоятельного исследования и вносят вклад в решение актуальных вопросов развития методов моделирования радиоэлектронных устройств.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, являются обоснованными либо на доказательном, либо на экспериментальном уровне. Достоверность практических результатов обеспечена сравнением с результатами моделирования, полученными в системах Advanced Design System (ADS), National Instruments Applied Wave Research (AWR) Design Environment и Computer Simulation Technology (CST) Studio Suite, использованием собственного и стандартного программного обеспечения. Теоретические результаты построены на известных и проверяемых данных и согласуются с опубликованными результатами по теме диссертации и смежным отраслям в изданиях, входящих в базу данных Scopus и Web of Science.

Новизна и практическая значимость результатов исследования

1. Проведен анализ состояния в области проектирования и методах моделирования аналоговой части радиотехнических устройств.

2. Проведен анализ состояния в области методов понижения порядка моделей аналоговой части радиотехнических устройств.

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

4. Разработан модифицированный проекционный метод, позволяющий повысить точность моделей сокращенной размерности аналоговой части радиотехнических устройств.

Практическая значимость диссертационной работы Долининой А.А. состоит в

следующем:

1. Применение сочетания разработанных методов и алгоритмов дает возможность формирования моделей сокращенной размерности, обладающих высокими показателями в аспектах использования вычислительных ресурсов и точности для радиотехнических устройств.

2. На основе предложенных подходов создано приложение в среде Matlab, формирующее модели сокращенной размерности аналоговой части радиотехнических устройств.

3. Выполнены исследования подходов понижения порядка линейных и нелинейных радиотехнических устройств на тестовых примерах.

Ценность научных работ автора

Ценность научных работ Долининой А.А. состоит в том, что в них на основе экспериментального сравнения методов понижения порядка моделей линейных радиотехнических устройств показано, что для использования при понижении порядка нелинейных схем метод сингулярного разложения более предпочтителен. На основе экспериментального сравнения кусочно-аппроксимационных подходов понижения порядка моделей нелинейных радиотехнических устройств выявлены основные причины, влияющие на эффективность и точность моделей сокращенной размерности. Разработан новый алгоритм отбора точек пространства переменных состояния, позволяющий повысить эффективность применения моделей сокращенной размерности схем нелинейных радиотехнических устройств. Разработан новый проекционный метод, позволяющий повысить адекватность моделей сокращенной размерности схем радиотехнических устройств. Применение сочетания разработанных методов дает возможность формирования нового типа моделей сокращенной размерности, обладающих более высокими показателями в аспектах использования вычислительных ресурсов и адекватности.

Выполнено экспериментальное исследование предложенных подходов на тестовых схемах радиотехнических устройств. Разработанные подходы могут использоваться в коммерческих пакетах проектирования при использовании программных интерфейсов (API) этих пакетов для импорта структур и программных

процедур моделей сокращенной размерности. Предложенные в работе подходы эффективно снижают время, необходимое для моделирования аналоговой части РТУ. На тестовых примерах показано ускорение до двух-трех порядков для схем РТУ при допустимом уровне ошибки.

Предложенные подходы и разработанное программное обеспечение могут быть применены для моделирования процессов или устройств, которые можно описать с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений, например, в областях механики, оптики, акустики и других и, таким образом, могут служить средством создания широкого класса моделей радиоэлектронных устройств.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Все основные положения и результаты диссертационного исследования отражены 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 немецкой конференции, 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.

Работа по теме диссертации проводилась 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.

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 16 международных и всероссийских семинарах и конференциях.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертация Долининой Анастасии Александровны «Понижение порядка уравнений для моделирования аналоговых радиотехнических устройств» по своему содержанию соответствует профилю специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, пункту 8: Создание теории синтеза и анализа, а также методов моделирования радиоэлектронных устройств.

Заключение принято на плановом заседании кафедры «Вычислительная техника и системы управления». Дата заседания кафедры 8 мая 2018 года. Протокол заседания №8. Присутствовало на заседании – 14 человек: директор ИИТР, к.т.н., профессор Галкин А.А., зав. каф. ВТ и СУ, д.т.н., профессор Ланцов В.Н., д.т.н., профессор Дубов И.Р., д.э.н., профессор Чернов В.Г., к.т.н., доц. Буланкин В.А., к.т.н., доц. Туляков В.С., к.т.н., доц. Калыгина Л.А., к.т.н., доц. Меркутов А.С., к.т.н., доц. Барков А.В., к.т.н., доц. Куликов К.В., к.т.н., доц. Градусов А.Б., к.ф.-м., доц. Шутов А.В., ст. пр. Сущинина А.А., ст. пр. Маскеев С.В..

Заведующий кафедрой «Вычислительная техника и системы управления»,
доктор технических наук, профессор, Федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корпус 2, аудитория 413,
lantsov@vlsu.ru, +7 (4922) 479-808

Подпись зав. кафедрой, д.т.н.,
профессора Ланцова В.Н. заверяю:

