

Отзыв официального оппонента доктора технических наук академика Национальной Академии Наук Республики Армения, директора Научно-образовательного центра по использованию перспективных технологий в радиоотрасли ФГУП НИИР Сарьяна Вильяма Карповича на диссертационную работу соискателя ученой степени кандидата технических наук Долининой Анастасии Александровны «Понижение порядка уравнений для моделирования аналоговых радиотехнических устройств» по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Использование радиотехнических систем и сфера их действия быстро расширяется, соответственно значительно возрастает и сложность радиотехнических систем, комплексов и устройств. При этом, проектирование является наиболее ответственным этапом разработки радиотехнических систем. Важными инструментами проектирования являются математические методы, математическое моделирование. Вместе с тем, сложность моделируемых объектов и процессов растет быстрее чем возможности средств моделирования и это является фактором, сдерживающим темпы развития средств разработки радиотехнических систем, и соответственно темпы развития объектов разработки.

В этой связи диссертация Долининой А.А., посвященная развитию методов моделирования радиотехнических устройств на основе подходов понижения порядка уравнений математических моделей, является актуальной.

В ходе проведенных исследований в рамках диссертационной работы автор получила ряд результатов, обладающих научной новизной и практической значимостью. Основные научные результаты получены для моделей аналоговых частей радиотехнических устройств, аппроксимация которых производится с применением кусочно-линейного (в англоязычной литературе - Trajectory-based Piecewise-Linear, TPWL) и кусочно-полиномиального (Piecewise Polynomial, PWP) подходов.

При этом, определены основные причины высокого уровня вычислительных затрат и основные источники погрешностей при применении методов на основе понижения порядка уравнений математических моделей устройств с применением кусочно-полиномиальной аппроксимации и проецирования пространства состояний модели в подпространство меньшей размерности.

Предложен алгоритм отбора точек пространства переменных состояния на основе применения матрицы дистанций, позволяющий повысить эффективность применения моделей сокращенной размерности.

Разработан новый модифицированный проекционный метод на основе применения локальных проекций пространства состояний модели, позволяющий повысить точность моделей сокращенной размерности аналоговой части радиотехнических устройств.

Основные результаты являются достоверными, что обусловлено применением адекватного математического аппарата, согласованностью с результатами компьютерного моделирования, сопоставлением с данными известными из российской и зарубежной литературы.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что применение сочетания разработанных модифицированных методов и алгоритмов дает возможность применять модели сокращенной размерности аналоговых частей радиотехнических устройств, обладающие высокими показателями в аспектах использования вычислительных ресурсов и точности. На основе результатов исследования создано приложение в среде Matlab, формирующее модели сокращенной размерности для применения в средствах проектирования радиотехнических устройств. Выполнено исследование применения методов понижения порядка моделей с использованием 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.



Практическая значимость подтверждается использованием результатов исследования в 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 и Министерства образования и науки Российской Федерации 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 №Н2020-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.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации - 175 страниц, в том числе - 160 страниц основного текста, 14 страниц списка литературы.

Замечания к диссертации и автореферату приведены ниже:

1. Основные задачи, решаемые автором по улучшению существующих подходов направлены на сокращение вычислительных затрат и уменьшение погрешности при применении математических моделей сокращенной размерности. Вместе с тем, цели решения этих задач находятся в диалектической связи, т.е. если предложенный алгоритм отбора точек пространства переменных существенно ускоряет процесс моделирования при использовании, то применение модифицированного проекционного метода для повышения точности модели, очевидно, снижает эффект от ускорения за счет дополнительных матричных операций. В тексте диссертации приводятся результаты одновременного применения предложенных методов, однако целесообразно было бы описать влияние модифицированного проекционного метода в аспекте вычислительных затрат.

2. Автор ограничивает применение предложенных результатов аналоговой частью радиотехнических устройств в составе радиотехнических систем, вместе с тем математические модели, являющиеся в работе объектом аппроксимации, допускают обобщение на среду распространения. В этой связи, в работе было бы показательно применить результаты исследования к уменьшению модели, например, тракта приема/передачи информации, включающего в себя аналоговые части приемно-передающих подсистем, соответствующих антенно-фидерных устройств, среды, возможно со свойствами многолучевого распространения (например, в условиях застройки), и провести моделирование этой системы при воздействии сложного сигнала от выхода ЦАП передающей части системы до входа АЦП приемной.

3. Ряд результатов, описанных в четвертой главе, получен для схем устройств, содержащих длинные линии в микрополосковом исполнении. При этом автор использует разбиение линий на секции с целью подготовки тестов с управляемой сложностью (размерность системы уравнений определяется количеством секций) при сравнительном исследовании методов уменьшения размерности линейных математических моделей. Следует заметить, что примененный автором прием является несколько искусственным, целесообразнее было бы провести исследование на примере реальных радиотехнических систем, имеющих линейный характер математической модели.

4. Полученные автором результаты относятся к решению задачи анализа схем устройств во временной области. Очевидно, основные принципы, примененные автором при решении этих задач, применимы для анализа схем в частотной области, вместе с тем, текст диссертации не содержит изложения возможного развития в этом направлении.

Общая характеристика работы.

Диссертация Долининой А.А. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на



высоком научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие их определить, как решение задачи сокращения затрат на моделирование аналоговых частей при проектировании радиотехнических устройств имеющей важное значение в процессах разработки радиотехнических систем различного назначения.

Полученные автором результаты достоверны, работа базируется на достаточном числе исходных данных, расчетов и примеров. Диссертация написана доходчиво и грамотно, аккуратно оформлена. По каждой главе и в целом сделаны четкие выводы.

Отмеченные недочеты и недостатки не являются критическими и не влияют на общий высокий уровень диссертации. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Долинина Анастасия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Сергеев В.К.

Сергеев В.К. завершено



## **Официальный оппонент**

доктор технических наук,

академик Национальной Академии Наук Республики Армения,

проф. МФТИ, ПГУ и МГУСИ, лауреат государственной премии,

премии правительства России,

заслуженный работник связи РФ,

научный консультант ФГУП ордена трудового красного знамени «Научно-исследовательский институт радио»,

105064, г. Москва, ул. Казакова, д.16.

тел.: +7 (499) 261-54-82

моб.: +7 (916) 134-61-37