

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор Федерального
государственного унитарного предприятия
Ордена Трудового Красного Знамени
Научно-исследовательский институт радио,
доктор технических наук


_____ В.В. Бутенко

_____ 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного унитарного предприятия Ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР) на диссертационную работу Ахунова Романа Раисовича «Алгоритмы и комплекс программ для итерационного решения систем линейных алгебраических уравнений при анализе полосковых структур методом моментов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа посвящена исследованию и разработке новых программных и аппаратных средств для моделирования и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (ЭМС РЭА).

Необходимость обеспечения ЭМС РЭА вынуждает проводить длительные дорогостоящие испытания. Поэтому целесообразен учет ЭМС на этапе проектирования РЭА посредством имитационного моделирования с помощью специализированного программного обеспечения (ПО), часто выполняемом в широком диапазоне изменения параметров. Разработка современных радиоэлектронных устройств требует проведения комплексного инженерного анализа, требующего построения математических моделей

исследуемых объектов. Моделирование полосковых структур широко используют квазистатический анализ на основе вычисления электрической емкости методом моментов. Применение численных методов расчета параметров моделей радиоэлектронных устройств включает многократное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), что приводит к росту вычислительных затрат. Сокращение этих затрат и повышение производительности математического моделирования является важной и сложной научно-технической задачей.

Для ее решения в диссертации Ахунова Романа Раисовича предлагается усовершенствовать метод моментов решения СЛАУ при анализе полосковых структур за счет снижения вычислительных затрат путем реализации итерационного решения. Данное исследование соответствует областям исследования специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Таким образом, тема диссертационной работы Ахунова Романа Раисовича, направленная на построение и программную реализацию новых алгоритмов решения СЛАУ, учитывающих особенности итерационного решения и специфику изменений матрицы при многократном решении СЛАУ для повышения производительности расчетов, безусловно актуальна и согласуется с задачами, стоящими перед разработчиками средств радиосвязи нового поколения.

Структура диссертационной работы

Работа изложена на 146 страницах текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня обозначений и сокращений и списка литературы.

Во Введении представлена краткая характеристика работы. В первой главе выполнен обзор актуальных задач. Во второй главе проведен сравнительный анализ наиболее распространенных форматов хранения разреженных матриц, разработаны алгоритмы $ILU(0)$ -разложения с применением разреженного строчного формата хранения матриц, проведен вычислительный эксперимент, подтверждающий эффективность использования разреженного формата, проведено сравнение результатов, полученных с помощью разработанных алгоритмов, показавшее согласованность с результатами других авторов. В третьей главе представлены алгоритмы многократного решения СЛАУ с изменяющейся матрицей итерационными методами с предобуславливанием и результаты вычислительных экспериментов, проведен комплексный анализ результатов вычислительного эксперимента. В четвертой главе представлено описание разработанного комплекса программ. В Приложении А приведены исходные

тексты программ. В Приложении Б приведены расчеты сложности алгоритмов LU-разложения, стабилизированного метода бисопряженных градиентов и квадратичного метода сопряженных градиентов. В Приложении В представлены копии свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, а в Приложении Г – актов использования результатов работы. В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе, намечены пути дальнейших исследований.

В диссертации приведены все необходимые ссылки на авторов и источники заимствования, в том числе на научные работы соискателя. Признаков плагиата и недобросовестного цитирования не обнаружено. Тема и содержание диссертации соответствуют областям исследования научной специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, включает постановку задач, решаемых в диссертации, основные результаты и выводы, а также описание логических выводов, составляющих основу доказательной базы диссертации. Приведенные в автореферате ссылки на печатные работы автора корректны.

Научная новизна диссертационной работы

Положения научной новизны диссертации предлагаются по всем трем областям специальности: автором разработана дополненная математическая модель, алгоритмы численного решения СЛАУ и программный комплекс, реализующий данные алгоритмы для моделирования полосковых структур радиоэлектронных устройств.

В предложенной математической модели новизну представляет возможность выбора очередности решения и матрицы предобусловливания, что в отличие от аналогов позволяет снизить время моделирования полосковых структур методов моментов в диапазоне геометрических и электрофизических параметров.

Разработанные алгоритмы основаны на реализации разреженного строчного формата хранения матрицы и отличаются адаптированным переформированием предобусловливателя на основании оценок средних арифметических значений времени и сложности решения.

Новизна реализованного программного комплекса состоит в реализации предложенной в диссертации модели и алгоритмов решения СЛАУ и содержится в оригинальных программных модулях для однократного и многократного решения СЛАУ стабилизированным методом

бисопряженных градиентов и квадратичным методом сопряженных градиентов.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования.

Полученные в диссертационной работе результаты, выводы и рекомендации имеют практическую направленность, обладают новизной и полезностью и могут быть использованы как научно-исследовательскими учреждениями, так и проектными организациями.

Наибольшую практическую значимость представляет программная реализация предложенных автором численных методов и алгоритмов. Автором разработан комплекс программ для однократного и многократного решения СЛАУ, реализующий предложенные автором итерационные градиентные алгоритмы.

Использование реализованного программного комплекса позволило автору провести исследования итерационных методов с предобуславливанием и доказать возможность снижения вычислительных затрат на моделирование полосковых структур методом моментов. Данные результаты демонстрируют перспективность использования итерационных методов решения СЛАУ и будут полезны на практике в инженерном анализе радиоэлектронных устройств.

Практическую ценность результатов работы подтверждает их активное применение в исследовательской деятельности: они были использованы при выполнении восьми научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, при проведении прикладных научных исследований по Постановлению 218, двум грантам РФФИ, одному гранту РНФ, Государственному заданию и Федеральной целевой программе. Получено 15 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ (в соавторстве).

Следует отметить личный вклад соискателя в разработку исходных кодов программ, получение аналитических результатов и их обработку, отмеченный в диссертации и автореферате.

Достоверность и апробация результатов диссертационного исследования

Обоснованность научных положений и полученных результатов исследования подтверждаются использованием апробированного адекватного математического аппарата. Полученные результаты многократно подтверждены вычислительными и натурными экспериментами.

Публикация основных результатов диссертации и личный вклад соискателя

Изучение публикаций соискателя показало, что в них отражены основные результаты диссертационного исследования. Результаты работы широко представлялись на конференциях различного уровня в период с 2010 года по настоящее время в России, Италии, Австрии, Греции и Тайланде. По результатам исследования опубликовано 22 научных работ, в том числе одна монография, 3 статьи в журналах из перечня ВАК, 6 статей в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых Scopus, есть единоличные публикации. На момент защиты в Scopus проиндексировано 9 статей, индекс Хирша 3, что характеризует соискателя как состоявшегося научного сотрудника.

В приложении диссертации приведены акты внедрения в Научно-исследовательском институте прикладной математики и механики Томского государственного университета, АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники, Национальном исследовательском Томском государственном университете.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенные в диссертации алгоритмы и комплекс программ для итерационного решения систем линейных алгебраических уравнений может быть использован при решении задач анализа электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств и аппаратуры с целью снижения вычислительных затрат.

Следует рекомендовать результаты диссертации для использования в профильных подразделениях Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть», ФГУП «Космическая связь», ФГУП «Российские сети вещания и оповещения», ФГУП «Научно-исследовательский институт радио», ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт связи», ПАО «Ростелеком», а также в учебный процесс Московского технического университета связи и информатики, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики, Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики.

Замечания по диссертационной работе

К недостаткам диссертационной работы следует отнести следующие:

1. Приведенный обзор имеет теоретический характер, в работе недостаточно полно раскрыты проблемы моделирования полосковых структур методом моментов в диапазоне геометрических и электрофизических параметров структуры, требующие большой объем вычислений.

2. Описанные в диссертации вычислительные эксперименты производились на персональном компьютере, реализация параллельных вычислений не выполнялась. В связи с этим, в работе отсутствует исследование предложенных итерационных алгоритмов в условиях распараллеливания и применения более мощных средств вычислительной техники.

3. В работе использован нестандартный способ описания разработанного комплекса программ без объяснения такого подхода, в частности функциональная схема программного комплекса (см. Рис. 4.1) представлена в виде блок-схемы. В работе не использованы современные методологии проектирования программного обеспечения.

4. Отсутствует интерпретация полученных результатов в контексте реальных задач анализа и моделирования радиоэлектронных устройств.

5. В диссертации также недостаточно раскрыты преимущества предложенных оптимизационных решений в контексте анализа полосковых структур.

6. Отсутствует анализ погрешностей моделирования с учетом физической природы и особенностей решаемой задачи.

7. В тексте автореферата встречаются опечатки и повторы.

Перечисленные замечания не снижают в целом положительную оценку работы и не уменьшают ее научную и практическую значимость

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ

Диссертационное исследование Ахунова Романа Раисовича на тему «Алгоритмы и комплекс программ для итерационного решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) при анализе полосковых структур методом моментов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне, в которой решена научная проблема снижения вычислительных затрат на многократное решение СЛАУ итерационным методом при моделировании и обеспечении ЭМС полосковых структур

методом моментов в диапазоне геометрических и электрофизических параметров.

В целом диссертационная работа отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней» и соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Ахунов Роман Раисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв подготовлен Директором Научно-технического центра (НТЦ) Анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР, доктором технических наук Веерпалу Вячеславом Энновичем.

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании Научно-технического совета НТЦ Анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР 27.11.2018 г., Протокол № 6.

Директор НТЦ АЭМС ФГУП НИИР,

д.т.н.,

Тел.: (499) 261-05-05

Эл. почта: veerpalu@niir.ru



В.Э. Веерпалу

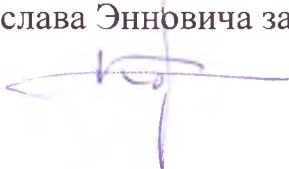
Адрес: 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, д. 16.

Телефон: +7 (495) 261-05-05

Электронная почта: veerpalu@niir.ru

Подпись директора НТЦ Анализа ЭМС ФГУП НИИР, доктора технических наук Веерпалу Вячеслава Энновича заверяю.

Ученый секретарь, к.т.н., с.н.с



В.А. Корж

Федеральное государственное унитарное предприятие Ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР). 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16. Телефон: (495) 647-18-30.

Факс: (499) 261-00-90. Адрес электронной почты: info@niir.ru.