

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Дмитренко Анатолия Григорьевича на диссертационную работу Куксенко Сергея Петровича «Методы оптимального проектирования линейных антенн и полосковых структур с учетом электромагнитной совместимости», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Работа Куксенко С.П. «Методы оптимального проектирования линейных антенн и полосковых структур с учетом электромагнитной совместимости» посвящена разработке методов и алгоритмов уменьшения вычислительных затрат при проектировании линейных антенн и полосковых структур.

Работа включает в себя введение, 7 разделов, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы и приложение (копии актов внедрения, патентов и свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ). Работа изложена на 436 страницах, содержит 120 рисунков, поясняющих текст, 94 таблицы, а также список литературы (794 источника). Объем и структура диссертации соответствует рекомендациям ВАК и ГОСТ Р. 7.0.11–2011.

Актуальность темы диссертационной работы

Функционирование радиоэлектронной аппаратуры неразрывно связано с вопросами выбора оптимальных конструкторско-технологических решений, которые обеспечивают необходимые требуемые начальные характеристики. Ужесточение требований электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения, а также ограничения на геометрические размеры и многие другие требования для исследуемых элементов РЭС позволяют подойти к решению важной для инженерной практики задачи поиска оптимальных параметров на основе эффективных численных методов. В связи с этим возможность использования на этапе конструирования математического моделирования элементов РЭС с применением численных методов является, безусловно, актуальной научной проблемой.

Целью диссертационной работы является разработка методов уменьшения вычислительных затрат на проектирование полосковых структур и линейных антенн с учетом ЭМС.

Содержание работы

В первом разделе выполнен обзор состояния проблемы проектирования РЭС и уменьшения вычислительных затрат на это проектирование, приведены математические модели, используемые при проектировании элементов РЭС, рассмотрены численные методы решения

уравнений электродинамики и программы на их основе, приведены их преимущества и недостатки, подробно рассмотрены методы решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). В конце раздела подведены итоги выполненного обзора и обозначены цель и задачи исследования.

Во втором разделе приведены разработанные методы и алгоритмы для уменьшения вычислительных затрат на одновариантный анализ элементов РЭС методом моментов за счёт использования итерационных методов решения СЛАУ с преобусловливанием.

В третьем разделе приведены разработанные математические модели и методы ускорения многовариантного анализа элементов РЭС методом моментов. Разработаны алгоритмы для решения последовательности СЛАУ с изменяемой матрицей при анализе полосковых структур. Для решения СЛАУ предложено учитывать специфику изменений в матрице для уменьшения затрат времени как при раздельном использовании прямого и итерационных методов, так и при их комбинированном использовании.

В четвертом разделе представлены результаты разработки алгоритмического и программного обеспечения, обосновано использование соответствующих программных библиотек. В результате разработано два комплекса программ. Первый предназначен для итерационного решения СЛАУ: однократного и многократного. Второй интегрирован в комплекс программ TALGAT путем совершенствования имеющихся и разработки новых модулей.

В пятом разделе приведены результаты исследования и использования разработанных методов из раздела 2 на примере линейных антенн и полосковых структур. Выявлены оптимальные параметры методов. На примере тестовых структур оценено уменьшение вычислительных затрат на анализ и точность полученных результатов. Приведены рекомендации по использованию разработанных методов.

В шестом разделе выполнена апробация разработанных в третьем и четвертом разделах математических моделей, методов, алгоритмов и программ для решения СЛАУ, на примере многократного вычисления ёмкостной матрицы полосковых структур и многопроводных линий передачи.

В седьмом разделе описано использование результатов работы при выполнении различных НИР и ОКР, а также в учебном процессе ТУСУРа и НИ ТГУ.

В заключении сделаны выводы по работе, приведены рекомендации и указаны перспективы дальнейшего развития темы. Далее приведены список сокращений и условных обозначений, а также список литературы. В приложении представлены копии подтверждающих документов.

Основные результаты исследований и их научная новизна

Автором диссертации предложена большая группа методов и алгоритмов уменьшения вычислительных затрат при проектировании новых РЭС и их элементов, включая печатные платы, соединители, модальные фильтры, одиночные и связанные микрополосковые линии передачи, линейные антенны, отводы силовой шины электропитания и др., которые позволили модифицировать известные методы электродинамического и квазистатического анализа линейных антенн и полосковых структур. Более конкретно, научная новизна рецензируемой диссертации заключается в следующем:

1. Предложена модификация электродинамического анализа линейных антенн методом моментов, отличающаяся использованием итерационного решения системы линейных алгебраических уравнений с вычислением предобусловливателя на основе алгебраической предфильтрации по евклидовой норме строк матрицы системы.

2. Разработаны два метода квазистатического анализа полосковых структур, отличающихся использованием модифицированного адаптивного итерационного выбора оптимальной сегментации и итерационного решения системы линейных алгебраических уравнений с неполным LU-разложением, а также модифицированным разреженным строчным форматом хранения предобусловливателя.

3. Предложена модификация метода квазистатического анализа полосковых структур в диапазоне параметров методом моментов, отличающаяся адаптивным переформированием предобусловливателя по средним арифметическим значениям времени и сложности итерационного решения последовательности систем линейных алгебраических уравнений.

4. Доказано, что время квазистатического анализа полосковых структур в диапазоне параметров методом моментов зависит от выбора очередности (с начала, конца или середины диапазона) решения полученной последовательности систем линейных алгебраических уравнений.

5. Разработан метод квазистатического анализа полосковых и проводных структур в диапазоне параметров, отличающийся решением последовательности систем линейных алгебраических уравнений на основе блочного LU-разложения или его гибридизации с итерационным методом.

Теоретическая значимость работы

1. Доказана теорема об условиях существования минимума зависимости среднеарифметического времени решения последовательности систем линейных алгебраических уравнений от их числа при квазистатическом анализе полосковых структур в диапазоне параметров методом моментов.

2. Изложены доказательства существования при электродинамическом анализе линейных антенн методом моментов с предложенными способами алгебраической предфильтрации оптимального значения допуска обнуления по критерию минимального времени решения системы линейных алгебраических уравнений.

3. Установлено влияние при квазистатическом анализе методом моментов полосковых структур в диапазоне параметров выбора очередности итерационного решения системы линейных алгебраических уравнений на время анализа.

4. Исследовано влияние изменения параметров полосковых и линейных структур при их анализе методом моментов на структуру матрицы системы линейных алгебраических уравнений и показано, как это можно использовать для ускорения анализа.

5. Получены аналитические оценки для квазистатического анализа полосковых структур коэффициента сжатия форматов хранения разреженных матриц, арифметической сложности блочного LU-разложения, максимально возможного ускорения решения системы линейных алгебраических уравнений (относительно метода исключения Гаусса) за счет использования итерационного метода с предобуславливанием и блочного LU-разложения.

Практическая значимость работы

1. Созданные методы уменьшения вычислительных затрат использованы при разработке новых устройств, защищенных патентами.

2. Разработана система практических рекомендаций по уменьшению вычислительных затрат на электродинамический анализ линейных антенн и квазистатический анализ полосковых и проводных структур.

3. Созданы программы, позволяющие моделировать с уменьшенными вычислительными затратами новые радиоэлектронные средства и их элементы, включая печатные платы, соединители, модальные фильтры, одиночные и связанные микрополосковые линии передачи, линейные антенны и отводы силовой шины электропитания.

Степень обоснованности и достоверность положений и выводов диссертации

Обоснованность и достоверность основных результатов работы определяются корректным использованием методов исследования, согласованностью результатов теоретических оценок и вычислительного эксперимента, совпадением результатов, полученных различными методами, а также достижимостью технического результата, указанного в полученных патентах.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации правильно отражает ее основные положения и результаты.

Соответствие темы и результатов диссертации заявленной научной специальности

Тема и результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» по пункту 10 (разработка методов проектирования и оптимизации антенных систем и СВЧ устройств широкого применения).

Общая оценка работы

Необходимо отметить высокий теоретический уровень автора диссертации. Все численные оценки, касающиеся эффективности предлагаемых методов и алгоритмов уменьшения вычислительных затрат выполнены очень квалифицированно и тщательно. Материал диссертации изложен грамотно и логически стройно. По моему мнению, ряд результатов работы, касающихся решения систем линейных алгебраических уравнений, имеют значение не только для проектирования линейных антенн и полосковых структур, но и для других областей науки и техники, потому что в большинстве случаев решение поставленной задачи в конце концов сводится к решению систем линейных алгебраических уравнений.

Замечания по работе

По содержанию рукописи диссертации и автореферата имеется ряд замечаний:

1. Название диссертации не соответствует цели диссертации и ее содержанию. В защищаемых положениях даже не упоминаются «методы оптимального проектирования» и «электромагнитная совместимость». Представляется, что более подходящим было бы название «Методы и алгоритмы уменьшения вычислительных затрат при проектировании линейных антенн и полосковых структур».

2. В выносимых на защиту положениях 2 – 5 не указаны порядки СЛАУ, к которым относятся приводимые в этих положениях численные оценки памяти и времени решения.

3. П. 2 раздела «Теоретическая значимость» не содержит никакой новой информации.

4. Не могу согласиться с содержащимся на стр. 22 автореферата заявлением, что «в работе решена научная проблема разработки методов уменьшения вычислительных затрат на анализ и оптимизацию полосковых структур и линейных антенн с учетом ЭМС, имеющая важное хозяйственное значение». Эта проблема не решена и решена до конца быть не может.

Понятно, конечно, стремление автора подогнать сделанное им под наиболее емкие формулировки Положения ВАК, но в Положении ВАК есть и другая формулировка, относящаяся к докторским диссертациям, более подходящая для данного случая, суть которой заключается в том, что теоретические положения и технические устройства, разработанные в диссертации, можно квалифицировать как научное достижение в соответствующей области.

Заключение

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. В целом диссертационная работа С.П. Куксенко является научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения и технические устройства, которые можно квалифицировать как научное достижение в развитии методов проектирования элементов РЭС. Диссертация соответствует требованиям Положения ВАК РФ (п. 9 Положения), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор, Куксенко Сергей Петрович, заслуживает присуждения искомой степени.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор Национального исследовательского
Томского государственного университета
А.Г. Дмитренко



ФГАОУВО Национальный исследовательский Томский государственный
университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. (3822) 52-98-52
E-mail: agdmitr.202@mail.ru

