

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Газизова Тимура Тальгатовича

на тему «Методология, алгоритмы и программное обеспечение для комплексной оптимизации элементов радиоэлектронных устройств», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность избранной темы

Разработка новых радиотехнических систем с повышенными эксплуатационными характеристиками является одной из актуальных задач, решаемых с привлечением методов математического моделирования. В случае различных радиоэлектронных устройств (РЭУ) и их узлов моделирование может рассматриваться как один из ключевых этапов их разработки.

Эффективным способом создания новых элементов радиоэлектронных устройств с улучшенными характеристиками является использование эволюционных методов оптимизации на этапе моделирования таких устройств. Именно комплексной оптимизации параметров элементов и ключевых узлов радиоэлектронных устройств на основе математического моделирования посвящена работа Газизова Т.Т. Ее основной целью являлось создание методологии, алгоритмов и программного обеспечения для моделирования элементов РЭУ с возможностью структурно-параметрической оптимизации.

Оценка содержания диссертации

Диссертация Газизова Т.Т. состоит из введения, 5-и глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении представлена краткая характеристика работы, указана цель и решаемые задачи, приведены положения, выносимые на защиту, сформулирована научная новизна и значимость полученных в рамках исследования результатов.

Глава 1 посвящена подробному авторскому обзору методов, применяемых при проектировании элементов радиоэлектронных устройств и их узлов. Особое внимание уделяется использованию эволюционных

алгоритмов при математическом моделировании таких устройств. Основное внимание уделено задачам синтеза антенн как одного из ключевых узлов любого радиоэлектронного устройства. Рассмотрены подходы к расчетам сосредоточенных нагрузок в структуре антенных устройств. Проанализированы расчеты характеристик антенн по моделям Харрингтона, Боаг и Альтмана, статистические и детерминированные методы решения задач оптимизации. В заключительном разделе главы 1 сделана постановка конкретных задач, реализующих сформулированную автором цель работы.

Глава 2 посвящена рассмотрению методологии комплексной оптимизации элементов радиоэлектронных устройств. Представлены основные подходы к решению задачи синтеза проводных антенн, сформулированы методика моделирования элементов радиоэлектронных устройств и методика снижения коэффициента стоячей волны.

В главе 3 проведена разработка алгоритмического обеспечения, в том числе включающего новые алгоритмы: алгоритм комплексной оптимизации элементов РЭУ, алгоритм включения сосредоточенной нагрузки в структуру антенны, алгоритм взаимодействия данных в модуле оптимизации, генетические алгоритмы (ГА) в программном комплексе для моделирования РЭУ с возможностью их оптимизации, алгоритм настройки и запуска ГА в системе для комплексной оптимизации элементов РЭУ, алгоритм построения графического отображения исходной структуры и т.д. Проведено тестирование созданного автором программного обеспечения для моделирования элементов радиоэлектронных устройств, показавшее корректность программной реализации.

В главе 4 теоретические результаты, полученные в предыдущих разделах, непосредственно применялись для математического моделирования конкретных элементов радиоэлектронных устройств и их узлов, включая печатные платы с резервированием, модальные фильтры, меандровые микрополосковые линии, ТЕМ-камеры. Выполнено сравнение результатов моделирования и эксперимента, сравнение с опубликованными данными, а также с другими программными продуктами, подтверждающее корректность реализации алгоритмического и программного обеспечения.

В главе 5 представлена комплексная оптимизация радиоэлектронных устройств с помощью генетических алгоритмов на основе предложенной

методологии комплексной оптимизации, приведены результаты ее использования для определения максимальной разности погонных задержек связанной линии передачи, оптимизации параметров трехпроводного модального фильтра, параметров воздушной меандровой линии, поиска максимального пикового значения напряжения сверхкороткого импульса в шине печатной платы радиопередающего устройства системы автоматической навигации, снижение коэффициента стоячей волны проводной антенны. В разделах главы проведен анализ характеристик созданных антенных систем с позиций эффективности предложенных автором алгоритмов и программного обеспечения. Показано, что применение генетических алгоритмов для моделирования проводных антенн с сосредоточенными нагрузками позволило создать антенные структуры с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

В заключении в развёрнутом виде представлены основные результаты, полученные в ходе исследования, примеры их успешного применения.

Таким образом, научные положения и выводы, полученные в результате работы, имеют важное научное значение и достаточно обоснованы.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Несомненным достоинством работы явилось то, что созданные автором методология, алгоритмическое и программное обеспечение были доведены до практического воплощения в виде реально изготовленных радиоэлектронных устройств (на примере проводных антенн). Это позволило непосредственно проверить расчетную часть работы и экспериментально подтвердить **достоверность** полученных Газизовым Т.Т. результатов.

Научная новизна работы состоит в результатах, полученных впервые:

1. Предложена и апробирована новая методология комплексной оптимизации элементов РЭУ, отличающаяся возможностью структурной оптимизации.

2. Выполнено математическое моделирование новых элементов РЭУ и их узлов, включая печатные платы с резервированием, модальные фильтры, меандровые микрополосковые линии.

3. Предложен комбинированный численный метод, основанный на объединении метода моментов, генетических алгоритмов и трех

математических моделей учета сосредоточенных нагрузок, позволивший провести оптимизацию элементов РЭУ.

4. Разработана оригинальная модульная структура комплекса программ, реализующих новые алгоритмы электродинамического анализа численным методом моментов проводных антенн с сосредоточенными нагрузками.

5. Предложены оригинальные алгоритмы: взаимодействия данных в модуле оптимизации, визуализации исходной структуры, настройки, запуска и работы генетических алгоритмов, на основе которых создан комплекс программ, отличающийся возможностью синтеза проводных антенн с улучшенными характеристиками.

6. Выполнена комплексная структурно-параметрическая оптимизация сосредоточенных нагрузок проводных антенн на основе разработанного комплекса программ, позволившая значительно расширить их рабочий диапазон частот.

Результаты диссертации обладают научной новизной и достаточно хорошо представлены в научной печати, в том числе в 12 периодических изданиях, входящих в перечень ВАК и являющихся профильными по тематике работы, среди них «Информатика и системы управления», «Технологии ЭМС», «Труды МАИ», «Доклады ТУСУР» и другие.

Теоретическая и практическая значимость, полученных автором результатов

Теоретическая значимость полученных автором результатов:

- Предложенная методология комплексной оптимизации РЭУ позволяет создавать новые методики моделирования элементов РЭУ;

- Детально раскрыты, классифицированы, проанализированы глобальные методы оптимизации и обосновано их использование для моделирования элементов РЭУ.

- Предложена новая классификация методов глобальной оптимизации, расширяющая представления о количестве и разнообразии таких методов.

- Выполнен анализ использования эволюционных алгоритмов и предложены новые алгоритмы в задачах проектирования РЭУ.

- Применительно к проблематике диссертации результативно использованы численный метод моментов и генетические алгоритмы, что

позволило получить новые элементы РЭУ с улучшенными характеристиками.

Практическая значимость полученных автором результатов характеризуется тем, что:

- На основе предложенной методологии комплексной оптимизации РЭУ созданы методики моделирования элементов РЭУ;

- Определены области практического использования разработанного алгоритмического и программного обеспечения для комплексной оптимизации элементов РЭУ и их узлов;

- Применение созданных алгоритмов для оптимизации проводных антенн апробировано при поиске оптимальных значений параметров параллельных *RLC*-нагрузок и позволило впервые провести структурную оптимизацию сосредоточенных нагрузок проводных антенн;

- Получены оптимальные геометрические параметры ТЕМ-камеры;

- Определены параметры трехпроводного модального фильтра, при которых получено минимальное значение амплитуды напряжения на его выходе.

- На основе использования разработанного программного обеспечения для комплексной оптимизации РЭУ получены результаты по оптимизации параметров ряда новых РЭУ.

- Определена длительность воздействующего сверхкороткого импульса, приводящего к максимальному пиковому значению напряжения в шине печатной платы радиопередающего устройства системы автономной навигации бортовой аппаратуры космического аппарата.

- На основе предложенной методологии выполнена комплексная оптимизация проводных антенн, что позволило изготовить и испытать антенну в сеансах связи на частотах 1,8; 3,5; 7; 14; 21; 28 МГц в полевых натуральных условиях.

- Представлены практические рекомендации по технологическому исполнению четырехпроводной комбинированной антенны и предложения по изготовлению и сборке сосредоточенных нагрузок в ее структуре.

- Предложены практические рекомендации по использованию созданных алгоритмов для поиска оптимальных параметров широкого ряда

тестовых функций, включающие описание функций, параметры запуска, исходный код программ, представленный в приложении.

○ Алгоритмическое и программное обеспечение использованы в учебном процессе Томского государственного университета, Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, Томского государственного педагогического университета.

Оформление диссертации в целом соответствует установленным требованиям. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

По диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. В работе недостаточно полно проведен сравнительный анализ предложенной методологии комплексной оптимизации РЭУ с известными подходами.

2. В рамках методологии комплексной оптимизации РЭУ недостаточно четко представлены унифицированные методики описания структуры РЭУ. Приведенный в разделе 5.4.2 пример структурно-параметрической оптимизации сосредоточенных нагрузок проводных антенн иллюстрирует случай присутствия либо отсутствия сосредоточенных нагрузок с фиксированными параметрами в заданных местах включения.

3. Разделы 3.3 и 5.2 посвященные программной реализации генетического алгоритма на примере известных тестовых функций, без ущерба для целостности изложения, могли быть опущены в приложения.

4. В диссертации (раздел 5.4.3 «Экспериментальное исследование...») недостаточно описан использовавшийся измерительный комплекс, не приведена методика проведенных экспериментов.

5. Работа несколько перегружена аббревиатурами, что затрудняет восприятие текста.

Указанные замечания не снижают положительной оценки работы. В целом, диссертация Газизова Т.Т. выполнена на высоком уровне и является научно-квалификационной работой, в которой решена научно-техническая проблема создания методологии, алгоритмического и программного

обеспечения для комплексной оптимизации элементов радиоэлектронных устройств, имеющая важное хозяйственное значение в части проектирования перспективных радиоэлектронных устройств.

Работа удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Газизов Т.Т. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
директор Института радиоэлектроники и телекоммуникаций
Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н.Туполева-КАИ

E-mail: AFNadeev@kai.ru

Дата: 05.10.17

Подпись Надеева Аделя Фирадовича
удостоверяю
Учёный секретарь

Надеев Адель Фирадович

Подпись _____
заверяю. Начальник управ-
делами КНИТУ-КАИ



Ф.А.Жестовская

Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ»

Почтовый адрес: 420111 г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Телефон: +7 (843) 264-29-01

Официальный сайт: <https://kai.ru/>

Электронная почта: kai@kai.ru