

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «ПГУТИ»,

д.т.н., профессор

О.В. Горяжкин

« 30 »



ОТЗЫВ

ведущей организации, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»,

на диссертацию Нгуена Мань Туана

«Антенны, моделируемые оптимальной токовой сеткой»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Развитие инфокоммуникационных технологий невозможно без непрерывного совершенствования антенн. Именно на это и направлена данная работа. Её основу составило исследование недавно предложенной коллегами автора аппроксимации оптимальной токовой сеткой (АОТС) для создания разреженных антенн. В этом направлении сделан значительный вклад, поскольку получены имеющие научную новизну результаты:

1. После АОТС предложено применять удаление или подсоединение несоединенных проводов для получения более совершенной разреженной структуры, что представлено в работе в виде отдельных модификаций АОТС.

2. Для создания антенн из проводной сетки с использованием модифицированных АОТС разработана готовая к применению методика.

3. Посредством разработанной методики впервые созданы разреженные рупорные антенны.

Теоретическая значимость результатов для развития технических наук

1. Примечательно уместное и результативное использование для моделирования разреженных антенн давно предложенной Р. Харрингтоном простой математической модели для анализа проводных антенн методом моментов с тонкопроводной аппроксимацией, поскольку в этой модели удаление сегмента проводника не влияет на соответствующие соседним сегментам элементы матрицы решаемой системы линейных алгебраических уравнений.

2. Ряд модернизаций исходной АОТС значительно расширил теоретический инструментарий проектирования такого нового вида антенн, как разреженные проводные антенны.

3. Тщательно и с интересными результатами изучено, как влияет на разреженные антенны единственный параметр АОТС: допуск удаления элемента сетки.

Для развития технических наук указанные результаты важны, прежде всего, как теоретическая основа для создания разреженных антенн. Кроме того, они открывают путь к их гораздо более эффективному моделированию: с уменьшенными вычислительными затратами как памяти, так и времени. Наконец, они ясно показывают применимость аналогичной аппроксимации к антеннам не только из проводной сетки, но и из сплошных проводящих поверхностей, очень часто моделируемых независимыми парами треугольников с помощью базисных RWG-функций.

Практическая значимость результатов для развития технических наук

1. Создана целая система из большого числа практических рекомендаций, которые структурированы так, чтобы часть их можно было применять сначала для моделирования антенн из сплошных проводящих поверхностей проводной сеткой, а часть – для аппроксимации антенн из проводной сетки разреженными антеннами выбором подходящего допуска удаления элемента сетки. Таким образом, универсальность рекомендаций перекрывает две задачи создания разреженных антенн: сразу из сплошной (если ранее не было её сеточной) и только из сеточной (если она уже есть).

2. Учитывая сложность моделирования антенн в современных программных продуктах (которые часто малодоступны, а также пока не способны к АОТС), в практике моделирования новых разреженных антенн весьма полезны разработанные автором программные модули с графическим интерфейсом пользователя для автоматизированного проектирования разреженных антенн. Реализация этих модулей в отечественных САПР антенн, несомненно, сделает их конкурентоспособнее зарубежных.

3. Весьма достоин сам факт того, что разреженные антенны не только впервые спроектированы, но и созданы. Так, на примере рупорной антенны убедительно показано сохранение основных радиотехнических характеристик близкими к исходным, но со значительно меньшей массой антенны.

4. Как следует из актов внедрения, новые результаты довольно широко использованы: в учебном процессе ТУСУРа и трёх научно-исследовательских работах госзадания. Кроме того, приведено весомое

письмо поддержки из АО «ИСС», поскольку оно широко известно собственным производством космических рефлекторных антенн из проводной сетки для решения той же задачи уменьшения массы.

5. Полученные автором результаты интеллектуальной деятельности также свидетельствуют о практической значимости его результатов. Так, 12 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ получены непосредственно по реализации модификаций АОТС к различным типам антенн, а ещё одно – в качестве соавтора крупной программы ТУСУР.ЭМС. Эти программы применимы на практике и могут продаваться на рынке – хороший факт для завершённой работы.

6. Широкое, качественное и открытое опубликование результатов (67 работ) будет, несомненно, способствовать их применению на практике.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Кроме уже упомянутого о рекомендациях, должно отметить, что к рекомендациям автор подошел весьма основательно: им он посвятил весь раздел 3 «РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АНТЕНН ИЗ ПРОВОДНОЙ СЕТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАЗРЕЖЕННЫХ АНТЕНН». В нем рекомендации даны отдельно для рупорных и конических антенн. У него даже есть полностью посвященная рекомендациям публикация [4] из автореферата, причем, в солидном журнале: Нгуен М.Т. Рекомендации по проектированию конических рупорных структур из проводной сетки для создания разреженных антенн / М.Т. Нгуен, А.Ф. Алхадж Хасан, Т.Р. Газизов // Известия вузов. Радиофизика. – 2025. – Т. 68. – № 2. – С. 140–156. Наконец, автор обобщил рекомендации в отдельном подразделе «Рекомендации» Заключение. Не приводя их здесь, можно вполне с ними согласиться. Дополнительно можно рекомендовать, как уже упоминалось, включить разработанные программные модули в отечественные САПР антенн. Кроме того, полезно продолжить исследование, поскольку остались не очень ясными причины некоторых нетривиальных фактов, например улучшения (а не ухудшения, как ожидалось) некоторых радиотехнических характеристик антенны после удаления части её проводников.

Замечания по диссертационной работе

1. Диссертация, особенно в части обзора по теме исследования, перегружена аббревиатурами. При этом расшифровки некоторых аббревиатур отсутствуют (GMRES, MIMO, UTD, FIT), некоторые аббревиатуры дублируются на русском и английском языках (ММКРВО и FDTD, МКЭ и FEM), про LU-разложение в тексте статьи говорится без каких

либо ссылок на алгоритм. Все это существенно ухудшает восприятие материала соответствующих разделов диссертации. Вместе с тем, обзор по теме исследования представляется довольно широким и крайне интересным.

2. На стр. 39 приводятся шаги по моделированию антенн из тонких проводников на основе метода моментов. В качестве первого шага следовало указать «Получить систему интегральных уравнений для антенны из уравнений Максвелла», что более приближено к практике решения задач для структур, состоящих из множества элементов без кондуктивных связей.

3. Отсутствует информация об используемых системах базисных и тестовых функций, а также о классах функций, в которых осуществляется поиск решения внутренней задачи. Вследствие этого, некоторые пункты рекомендаций (по геометрии проводников и числу сегментов), приведенных для рупорных антенн на стр.61, представляются довольно «расплывчатыми».

4. В диссертации говорится о достоинствах модификации аппроксимации оптимальной токовой сеткой, однако есть основания полагать, что подобные модификации могут быть применены в основном к антеннам, в которых ток распределяется по закону стоячих волн, в то время как для широкополосных структур обычно характерен режим бегущих волн, при котором все участки антенны имеют значительную амплитуду тока. Для некоторых структур (например, для рефлекторной антенны, представленной на рис.2.9 и 2.10 диссертации) может появиться зависимость характеристик излучения от поляризации электромагнитных волн, создаваемых облучателем. Также возможно сужение рабочего диапазона антенн вследствие изменения распределения токов по излучающим элементам.

5. Реальные коэффициенты уменьшения массы и парусности антенны могут быть ниже, так как проводящим элементам антенны необходима несущая поверхность, которая может иметь массу, превосходящую массу проводников. При этом разрабатываемые модели антенн, судя по всему, могут учесть только несущие поверхности, имеющие единичные относительные диэлектрические и магнитные проницаемости.

6. В работе, в основном, представлены сетки, задаваемые аналитически. При этом ячейки сетки имеют прямоугольную форму, и в разных областях излучающей поверхности ячейки имеют разный размер. На наш взгляд, более гибкой в плане аппроксимации излучающих поверхностей и предпочтительной с точки зрения прочностных характеристик представляется сетка с треугольными ячейками, получение которой возможно с помощью стандартных триангуляционных процедур.

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, а затронутая в ней тема имеет значительный потенциал для дальнейшего развития. Диссертация выполнена на актуальную тему, является завершённой, и содержит решение научной задачи создания разреженных антенн на основе АОТС, имеющей важное значение для развития технических наук в части совершенствования антенн.

Содержание диссертации соответствует научной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии. Работа отвечает критериям для кандидатской диссертации пунктов 9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа и отзыв на неё обсуждены на заседании кафедры радиоэлектронных систем (РЭС) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (протокол заседания № 11 от 18 июня 2025 года).

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой РЭС,
д.ф.-м.н., проф.



Д.С. Клюев

Наименование организации: ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».

Адрес организации: 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23.

Данные подготовившего отзыв: тел.+79277491652, e-mail:
klyuevd@yandex.ru.