

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Бухтиярова Дмитрия Андреевича** «Печатные директорные антенны с концевым и центрально-концевым питанием возбуждителей дипольного вида», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Актуальность темы работы. Директорные антенны традиционно применяются для приема телевидения и в КВ-связи. Несмотря на значительный теоретический задел и разнообразие конструкций таких антенн, сохраняется интерес к дипольным директорным антеннам применительно к разработке перспективных систем связи и ближней радиолокации в диапазоне сантиметровых и миллиметровых длин волн. Обычно диполь-возбудитель директорной антенны питается симметричной линией, присоединенной к ближайшим точкам плеч в середине диполя, однако этот способ не единственный. Возможно питание диполя-возбудителя с дальних концов плеч, а также смешанное: одно плечо присоединено к питающей линии в центре диполя, второе – на конце диполя. Такое необычное питание – концевое и центрально-концевое – открывает новые перспективы и свободу действия в проектировании антенн, в частности, в микрополосковом исполнении и с волноводным питанием. Поставленная в диссертационной работе Д. А. Бухтиярова задача разработки методики проектирования директорных антенн с дипольным возбудителем с концевым и центрально-концевым питанием, безусловно, является актуальной.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 114 наименований и двух приложений, в которых представлены акты внедрения результатов диссертационной работы Д. А. Бухтиярова и документы, подтверждающие право на интеллектуальную собственность. Основной текст диссертации изложен на 152 страницах и содержит 74 рисунка и 8 таблиц.

Во введении определена цель исследования, сформулированы научные положения, отмечены новизна, научная ценность, практическая значимость проведенных исследований, отражены вопросы достоверности и апробации полученных результатов, их внедрение.

В первой главе проведен обзор существующих типов директорных антенн и способов их питания, проведен критический анализ их конструкций

и характеристик. По результатам обзора сформулированы задачи диссертационного исследования.

Во второй главе определен математический аппарат, лежащий в основе разработанной методики проектирования директорных антенн, в приближении бесконечно тонких плеч диполя.

В третьей главе сформулирована задача синтеза директорных антенн на основе решения многомерной задачи оптимизации с использованием алгоритмов среды Matlab. Приведены примеры решения, в частности, для четырехэлементных антенн в свободном пространстве и трехэлементных антенн над плоскостью. Сформулированы требования к питанию плеч диполя-возбудителя, а также оценено влияние диэлектрической подложки на результат оптимизации геометрии антенн в печатном исполнении.

Четвертая глава посвящена исследованию конкретных образцов директорных антенн в печатном исполнении, геометрические размеры которых были определены по предложенной автором методике. Верификация проведена в сравнении с результатами моделирования в среде CST Studio, а также с результатами измерения параметров изготовленных образцов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и результатов. Научные положения, выводы и результаты, представленные в работе, основаны на использовании классической теории излучения тонкопроволочных антенн, взаимодействии связанных вибраторов, а также корректным применением аппарата анализа многополюсных цепей СВЧ с распределенными параметрами. Достоверность полученных результатов подкреплена согласованностью результатов аналитических расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

Научная новизна работы заключается в обобщении классической электродинамической теории дипольных директорных антенн на директорные антенны с концевым и центрально-концевым питанием, позволившем предложить методику проектирования с единых позиций новых типов печатных и печатно-волноводных директорных антенн.

Теоретическая значимость работы. Предложенная в диссертационной работе Д. А. Бухтиярова методика синтеза антенн с несколькими директорами позволяет с единых позиций проектировать как

антенны с классическим симметричным диполем в качестве возбuditеля, так и с диполем, питание которого концевое или центрально-концевое.

Практическая значимость работы. Несомненным достоинством является предложенная конструкция дипольных антенн с нестандартным питанием, открывающая новые возможности в проектировании антенной техники. Отличительной особенностью применения диполей с концевым питанием является освобождение области в центральной части диполя, что открывает новые возможности в проектировании микроминиатюрных антенн для миллиметрового диапазона волн.

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, научные положения и выводы достаточно обоснованы. Полученные оригинальные результаты имеют научную и практическую значимость в области синтеза СВЧ устройств. Материал диссертации изложен грамотно, автореферат отражает существо диссертации. Содержание, основные выводы и практические рекомендации представленной работы соответствуют паспорту специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Замечания по работе

1. Математический аппарат основан на тонкопроволочной модели диполя, но разработанные антенны имеют диполи заметной толщины. Как учитывается влияние ёмкостей торцов и центрального зазора?

2. В CST Studio при оптимизации с большим числом параметров функционал может иметь множество локальных минимумов, однако не указано, проверялись ли найденные решения на единственность.

3. В третьем и четвертом защищаемых положениях сделан акцент на требовании равенства амплитуд возбуждения плеч диполя, а также точной фазировке (0 или 180 градусов), однако в работе не уделено должного внимания оценке допустимых погрешностей, влиянию их на устойчивость задачи оптимизации, а также на итоговые характеристики антенн.

4. Следовало бы избегать сильных утверждений, как, например на стр. 28: «все без исключения разрабатываемые в настоящее время директорные антенны ... содержат в качестве возбuditеля классические полуволновые или петлевые диполи», в то время как существуют директорные антенны с возбuditелем в виде рамки, патч-антенны, а также открытого конца волновода (пример приведен в работе на рис. 3.8а).

Тем не менее, отмеченные недостатки не снижают ценности диссертационного исследования Д. А. Бухтиярова и не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Заключение

Диссертационная работа Д. А. Бухтиярова «Печатные директорные антенны с концевым и центрально-концевым питанием возбуждателей дипольного вида» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача разработки и проектирования рефлекторных и директорных дипольных антенн с возбуждателем в виде диполя с центрально-концевым и концевым питанием.

Считаю, что диссертационная работа Д. А. Бухтиярова полностью соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением №842 от 24.09.2013 Правительства Российской Федерации, а её автор, Бухтияров Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник лаборатории высокочастотной
электроники Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт сильноточной
электроники Сибирского отделения
Российской академии наук (ИСЭ СО РАН),

16 ноября 2018 г.

Балзовский Евгений Владимирович

634055, г. Томск, пр. Академический, д. 2/3, ИСЭ СО РАН
тел. (3822) 49-19-00, +79069486174, e-mail: tduty5@mail.ru

Подпись Балзовского Е.В. удостоверяю,
ученый секретарь ИСЭ СО РАН, д.ф.-м.н.



Пегель Игорь Валериевич