

ОТЗЫВ

Официального оппонента Чистюхина Виктора Васильевича на диссертацию А.В. Уварова «Сверхширокополосные печатные ненаправленные интегральные антенны для устройств беспроводной радиосвязи», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Диссертационная работа Уварова А.В. посвящена исследованию подходов к проектированию сверхширокополосных (СШП) печатных антенн и особенностям интегрального расположения цепей приемо-передатчика внутри топологии антенны. Автор исследует физические ограничения на характеристики сверхширокополосных печатных антенн для устройств беспроводной радиосвязи, а именно: изучает теоретические ограничения на характеристики подобных антенн, проводит сравнительный анализ различных типов СШП печатных антенн, исследует оптимальные свойства антенны типа «печатный монополь». Проведен анализ собственных мод монопольной печатной антенны, объяснены ее СШП свойства. Затрагиваются вопросы интегральной компоновки беспроводных устройств радиосвязи с печатной монопольной антенной, подразумевающей расположение цепей приемо-передатчика внутри топологии антенны. На примере ряда разработанных антенн продемонстрирована применимость на практике предложенных подходов к проектированию СШП печатных интегральных антенн.

Актуальность. В последние годы при разработке сверхширокополосных и многодиапазонных многофункциональных систем заметен значительный интерес к использованию в них печатных антенн. При этом к современным устройствам связи предъявляются жесткие требования к их массо-габаритным размерам, что заставляет разработчиков искать все более компактные конфигурации проектируемых антенн, в том числе

выполненных на одной подложке и в одном технологическом процессе вместе с приемо-передающими цепями.

Желание спроектировать СШП антенну с минимальными массо-габаритными характеристиками сталкивается с вопросами возможности достижения требуемых электрических характеристик при соблюдении технологичности конструкции антенны. Для решения этой задачи важно не только уметь проводить анализ электромагнитной совместимости, но также понимать теоретические ограничения на характеристики именно печатных СШП антенн. Большинство исследований по данной теме сфокусированы на узкополосных антеннах при анализе которых используется только одна (основная) мода возбуждения. В данной работе фундаментальные ограничения сформулированы в виде, применимом для сверхширокополосных антенн в терминах нижней частоты рабочего диапазона и его ширины.

Выбор наиболее эффективной конфигурации и топологии антенны, в зависимости от предъявляемых к устройству требований и интегральная компоновка антенны и приемо-передающих цепей представляет значительный интерес в современных фундаментальных и прикладных исследованиях. Интеграция печатных антенн на одной подложке с приемопередающим модулем в рамках одного технологического процесса позволяет разработчику не использовать для установки антенны разъемов и дополнительных настроечных соединительных схем, отказаться от процесса монтажа антенны в устройство, что, в свою очередь, снижает себестоимость печатной платы. Помимо прочего, интегральная конфигурация приемопередатчика и антенны – это способ дополнительной миниатюризации размера готового устройства. В свете всего вышесказанного, данная работа **актуальна** и находится в русле современных тенденций в области разработки СШП антенн для устройств беспроводной радиосвязи.

Научная новизна работы заключается в комплексном анализе подходов к проектированию сверхширокополосных печатных антенн и особенностям интегрального расположения цепей приемо-передатчика внутри топологии антенны. В данной диссертации развитие получила теория фундаментальных физических ограничений антенн – выведено новое предельное соотношение, связывающее электрические характеристики СШП антенн с их геометрией и размерами для антенн любой геометрии и формы. В работе объяснены СШП свойства монопольной печатной антенны, как многомодовой системы, впервые показано, что нижняя частота рабочего диапазона такой антенны определяется основной модой (дипольной) и выведено соотношение для ее оценки.

Практическая ценность работы - значительная. Выведенное физическое ограничение на характеристики антенн в терминах нижней частоты рабочего диапазона и его ширины может быть использовано для оценки предельных свойств СШП антенн и взаимосвязи между ключевыми характеристиками антенн для любых типов антенн и их геометрий. Для печатных СШП антенн прямоугольной формы с линейной поляризацией представлено численное выражение для нижней частоты рабочего диапазона, которое может быть использовано для оценки предельных характеристик проектируемых антенн различных типов и выбора наиболее оптимальной конфигурации. В дополнение - спроектирован ряд печатных антенн для устройств беспроводной радиосвязи на основе прямохаотических приемопередатчиков. Отдельно стоит отметить представленные в главе 4 универсальные принципы проектирования интегральных печатных антенных структур.

Достоверность представленных результатов в работе подтверждается сравнением результатов проведенного численного анализа с данными экспериментов и результатами других авторов.

Наряду с вышеперечисленными достоинствами диссертации, следует перечислить и ряд **недостатков работы**:

1. На взгляд оппонента, в диссертации слишком большое внимание и объем (>40стр.) уделены анализу уже известных предварительных работ по данной тематике.

2. Во второй главе к выведенным базовым формулам (например, 2.4-2.9, 2.14 - 2.19), к сожалению, не представлены четкие и ясные пояснения их физического смысла.

3. Стоит отметить, что в данной диссертации наблюдается ряд разнесенных по тексту на 3-5 страниц ссылок на рисунки и сами рисунки, что затрудняло прочтение материала диссертации.

4. В ряде экспериментально разработанных антенн для высоких частот, например, при разработке широкополосной дипольной печатной антенны «бабочка» на частотный диапазон 6-8 ГГц, в качестве материала подложки рекомендуется стеклотекстолит FR-4, хотя известно, что он применяется в СВЧ диапазоне только до 3 ГГц.

Указанные замечания не могут изменить положительного впечатления о диссертации Уварова А.В. Все замечания, возникшие в процессе знакомства с диссертацией Уварова А.В., не являются существенными и фактически носят рекомендательный характер.

Основные результаты автора отражены в семи публикациях автора в реферируемых изданиях, статьях и сборниках трудов конференций. Доклады автора представлены на международных и российских конференциях, научных семинарах.

Автореферат точно соответствует содержанию диссертации и позволяет составить достаточно полное представление о ней.

Диссертация Уварова А.В. содержит много новых научных результатов, является законченным, хорошо структурированным исследованием. Практическая ценность и достоверность результатов и выводов не вызывает сомнений.

Диссертационная работа Уварова А.В. представляет собой законченное научное исследование и по объему результатов, достоверности, научной и

практической значимости выводов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Уваров Антон Владимирович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Профессор Института МПСУ

к.т.н., профессор

« 30 » 12 2021 г.

Чистюхин Виктор Васильевич

Данные сотрудника, подписывающего документ:

Чистюхин Виктор Васильевич

Ученая степень – кандидат технических наук, специальность 05.12.07
«Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Ученое звание – профессор

Должность - профессор

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ)

Адрес: 124498, г.Москва, г.Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, МИЭТ,
тел.: 8-499- 731-44-41,

Сайт: <https://miet.ru>

Электронная почта: netadm@miee.ru.

Заверяю.

Начальник Отдела по работе с персоналом:

