

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Бобкова Николая Ивановича

на диссертацию Во Ба Ау

«РАЗРАБОТКА НИЗКОПРОФИЛЬНОЙ АНТЕННЫ СИСТЕМ СВЯЗИ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Актуальность темы исследования

Диссертация Во Ба Ау посвящена вопросам построения антенн для сетей беспроводной связи. Бурное развитие сетей связи инициировало создание новых антенных систем, способных работать в условиях высокой плотности подключений и сложной электромагнитной обстановки. Помимо стационарных связных антенн в последние годы возникла и расширяется потребность в компактных низкопрофильных антеннах, предназначенных для интегрирования в портативных устройствах. Такие антенны находят применение в самых разных областях – от гражданской радиосвязи до специальных систем, устанавливаемых на беспилотных летательных аппаратах и подвижных наземных платформах. Среди перспективных направлений разработки низкопрофильных антенн выделяются фрактальные антенны, ММО-системы, гибкие и носимые антенны. На фоне резко возросшего спроса всё более жесткими становятся и требования, предъявляемые к низкопрофильным антеннам: они должны поддерживать многодиапазонный режим работы, обладать высокой энергетической эффективностью и быть адаптивными к изменяющимся условиям распространения сигнала, в связи с чем тема диссертационной работы Во Ба Ау является несомненно актуальной.

Соискателем поставлена **цель работы**, заключающаяся в разработке и оптимизации конструкций низкопрофильных антенн для применения в современных системах связи с обеспечением широкой полосы частот, высокой эффективности при малых габаритах, а также сформулированы **задачи**, направленные на достижение поставленной цели.

Объектом исследования являются антенные устройства для систем связи.

Предметом исследования является конструкция низкопрофильной антенны для различных систем связи.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждается созданием электродинамических моделей, максимально соответствующих реальным антеннам, проведением полноволнового моделирования с помощью программного обеспечения ANSYS HFSS, а также совпадением результатов численных и экспериментальных исследований.

Среди результатов исследования, обладающих научной новизной, выделяются следующие:

- метод расширения полосы пропускания в низкопрофильной антенной решётке с круговой поляризацией на основе структуры сильно связанных диполей;

- предложенная новая конструкция симметрирующего устройства, обеспечивающая снижение профиля антенны базовой станции без ухудшения её характеристик;

- разработанная конструкция низкопрофильной плоской широкополосной антенной решетки с применением модифицированного симметрирующего устройства.

Практическая значимость результатов исследования заключается в следующем.

1. За счет емкостной связи между диполями достигнуто расширение полосы пропускания низкопрофильной антенны с типичных 5–10% до 96.3% в диапазоне дециметровых длин волн, что делает антенну широкополосной для работы в многодиапазонных системах связи.

2. За счет проведенной оптимизации симметрирующего устройства уменьшена высота антенны для базовой станции на 30%.

3. Разработана конструкция низкопрофильной плоской сверхширокополосной антенной решетки с применением модифицированного симметрирующего устройства, которая обеспечивает расширение полосы частот в 2,6 раза при одновременном уменьшении высоты на 35% по сравнению с прототипом.

4. По результатам разработки низкопрофильной антенной решётки для базовой станции подано заявление на выдачу патента на изобретение.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод введения ёмкостной связи между диполями, позволяющий расширить рабочую полосу рабочих частот излучателя относительно центральной частоты до 90% и более.

2. Алгоритм параметризации формы и габаритов симметрирующего устройства, размещённого между диполем и отражателем, позволяющий существенно снизить высоту конструкции антенны базовой станции до 30%.

3. Конструкция модифицированного симметрирующего устройства, применение которого позволило создать низкопрофильную антенную решётку с высотой $0,18\lambda$ с улучшением характеристик излучения при коэффициенте перекрытия по частоте 4,2:1.

Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 119 страниц, включая 70 рисунков. Список используемой литературы включает 118 наименований.

Во введении к диссертации обоснована ее актуальность, рассмотрено состояние вопроса, сформулированы цели, задачи и методы исследований, научная новизна, вопросы практической ценности работы, представлены основные научные положения, выдвигаемые для защиты.

В первой главе обоснована необходимость разработки низкопрофильных антенн в условиях современной тенденции к миниатюризации устройств связи, особенно для применения в ограниченном пространстве мегаполисов и компактных электронных системах. Проведен анализ ограничений, связанных с уменьшением габаритов антенн, рассмотрены существующие конструкции низкопрофильных антенн, показаны их преимущества и недостатки. Обоснован перспективный подход Мунка, направленный на расширение полосы пропускания за счёт управляемой взаимной связи между элементами антенны. Показана важность выбора симметрирующих устройств при разработке широкополосных низкопрофильных антенн для систем связи.

Во второй главе рассмотрена предложенная конструкция низкопрофильной антенной решетки сильно связанных диполей круговой поляризации для систем связи. Ёмкостная связь между элементами антенной решетки обеспечивается металлическими дисками, расширению полосы рабочих частот способствует установленная над диполями верхняя диэлектрическая подложка. На основе предлагаемой конструкции проведено исследование модели конечных антенных решеток, показано влияние элементов, расположенных на периферии решетки, исследована возможность улучшения характеристик за счёт подсоединения крайних элементов к согласованным нагрузкам.

В третьей главе рассмотрена предложенная конструкция элемента антенной решетки и результаты проведенного численного исследования конечной антенной решетки для базовой станции. За счет применения симметрирующего устройства зигзагообразной формы и размещения диэлектрика между диполями и основанием расширена полоса рабочих частот и уменьшены габаритные размеры излучателя антенной решетки. Представлена конструкция антенной решетки для базовой станции, реализованная с использованием разработанных излучающих элементов и приведены её характеристики.

В четвертой главе рассмотрена предложенная конструкция низкопрофильной плоской широкополосной антенной решетки. Проведен анализ недостатков существующих плоских широкополосных антенных решеток и исследовано влияние параметров симметрирующих трансформаторов на характеристики антенной решетки. Приведены результаты моделирования модифицированного симметрирующего устройства, позволяющего уменьшить высоту антенной решетки и улучшить частотные характеристики по критерию согласования.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы.

Автореферат достаточно полно отражает содержание и основные положения диссертационной работы.

Публикации. По результатам диссертационных исследований опубликовано 3 статьи и доклад в трудах международной научной конференции.

Замечания по содержанию диссертации.

1. Обширный перечень источников, приведенный в списке литературы диссертации, практически полностью основан на публикациях зарубежных авторов, в то время как в нашей стране также ведутся исследования низкопрофильных антенн и имеются соответствующие публикации.

2. Относительный уровень кросс-поляризации для антенной решетки, приведенный на рисунке 3.14 составляет 60...70 дБ. В тексте диссертации не поясняется, за счет чего достигается столь низкий уровень и какую роль играют эффекты поляризации при работе систем беспроводной связи.

3. Глава 4 посвящена вопросам разработки низкопрофильной плоской сверхширокополосной антенной решетки, однако результаты моделирования приведены только для одного излучателя в составе решетки.

4. Из приведенных на рисунках 4.16 и 4.17 диаграмм направленности излучателя решетки следует, что на верхней частоте их ширина по уровню минус 3 дБ составляет менее 30° , что недостаточно для формирования сектора сканирования $\pm 45^\circ$.

5. В списке литературы под номерами 71 и 80 указана одна и та же статья.

Оценка диссертации в целом.

В целом, несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Во Ба Ау является завершенным исследованием, содержащим новые научные результаты, имеющие практическую значимость. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.2.14 - Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Заключение.

Считаю, что соискателем достигнута цель диссертационного исследования. Результаты работы отражают научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Диссертация «Разработка низкопрофильной антенны систем связи» является завершенным научным исследованием и удовлетворяет требованиям, установленным Положением «О присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего

