

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента Веденькина Дениса Андреевича
на диссертационную работу Селезнева Валентина Михайловича «Разработка
и исследование характеристик сканирующих антенн миллиметрового
диапазона длин волн», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-
устройства и их технологии»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Селезнева В.М. посвящена разработке и исследованию характеристик сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн, имеющих высокие коэффициенты усиления (КУ) и рабочие полосы частот в несколько гигагерц. В диссертации развиваются подходы, позволяющие достичь улучшения характеристик известных вариантов сканирующих антенн диапазона 60 ГГц, и приведены примеры реализации простых по конструкции сканирующих линзовых антенн, а также антенн с плоскими отражательными решетками. Тема диссертации безусловно является актуальной для решения важной научной проблемы повышения пропускной способности и зон покрытия беспроводных систем мобильной связи, работающих в миллиметровом диапазоне длин волн. В этом диапазоне имеется возможность значительного увеличения пропускной способности каналов связи за счет прямого расширения полосы частот передаваемых сигналов до нескольких гигагерц. Кроме использования сигналов миллиметрового диапазона для скоростной передачи мобильным пользователям, новая концепция построения систем связи пятого поколения (5G) подразумевает развертывание реконфигурируемых транспортных сетей между базовыми станциями малых сот на основе небольших релейных ретрансляторов, также работающими в миллиметровом диапазоне. Однако широкое развертывание сетей связи миллиметрового диапазона накладывает жесткие требования к антенным системам приемо-передающего оборудования. Используемые антенные системы должны иметь высокий коэффициент усиления, большую полосу пропускания и область возможностью широкоугольного электронного сканирования для поддержания устойчивого соединения с пользователями в зоне действия мобильной сети.

Диссертационная работа Селезнева В.М. направлена на решение следующих актуальных вопросов:

1. Разработка линзовых антенн диапазона 60 ГГц с высоким КУ, обладающей функцией широкоугольного электронного сканирования лучом в азимутальной плоскости с одновременной подстройкой направления излучения в плоскости угла места.
2. Разработка сканирующих антенн диапазона 60 ГГц с высоким КУ, содержащих плоские отражательные решетки из пассивных микрополосковых элементов.
3. Разработка методики проектирования плоских отражательных решеток из пассивных микрополосковых элементов, формирующих заданные диаграммы направленности (ДН) в плоскости угла места и обеспечивающих электронное сканирование лучом в азимутальной плоскости.

Общая характеристика и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения, содержащего два акта внедрения. Общий объем диссертации составляет 130 страниц машинописного текста, включающих 97 рисунков и 6 таблиц. Текст диссертации, таблицы и рисунки в ясной форме передают суть и содержание выполненной научной работы.

Тема и содержание диссертации соответствует пунктам 2, 3 и 9 паспорта специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Во введении отмечена актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, обсуждается текущее состояние и перспективы развития мобильных сетей 5-ого поколения (5G), обозначены методы исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость полученных результатов, перечислены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации результатов работы.

В первой обзорной главе проведен комплексный анализ различных типов сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн, рассмотрены современные методы расчета характеристик излучения антенн с большой апертурой. Наличие схем, фотографий и пояснений делает содержание первой главы весьма наглядным.

Во второй главе рассмотрены методы расчета профилей фокусирующих линз из однородного диэлектрика и представлены результаты электромагнитного моделирования в программе CST Microwave studio разработанных сканирующих антенн диапазона 60 ГГц, содержащих линзы с

зонированным (составленным из отрезков гипербол) и бифокальным профилем.

В третьей главе рассмотрены принципы работы и методы синтеза плоских пассивных отражательных решеток, формирующих ДН заданного типа, представлен усовершенствованный итерационный метод синтеза отражательных решеток, с помощью которого можно получить более точное приближение к требуемой форме главного луча антенны. Эффективность данного метода подтверждают приведенные примеры решения задач фазового синтеза линейных решеток, а также результаты электромагнитного моделирования в CST Microwave studio трех спроектированных антенн диапазона 60 ГГц, содержащих плоские отражательные решетки, формирующие в плоскости угла места ДН секторного, карандашного и косекансного типа.

В четвертой главе приведено описание изготовленных прототипов сканирующих линзовых антенн, а также антенн с плоскими отражательными решетками. Кроме того, представлены результаты измерения основных характеристик всех созданных прототипов сканирующих антенн диапазона 60 ГГц.

В заключении перечислены основные выводы и результаты диссертационной работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Научная новизна результатов диссертации

В диссертационной работе Селезнева В.М. получены следующие новые научные результаты:

1. Предложена усовершенствованная методика расчета профилей диэлектрических бифокальных линз, с помощью которой могут быть реализованы бифокальные линзовые антенны с улучшенными характеристиками. В частности, в диссертации впервые предложена тороидально-бифокальная линза с одной преломляющей поверхностью. Согласно приведенным результатам исследований, антенна с такой линзой способна осуществлять двумерное электронное сканирование лучом, имеет высокий КУ и низкий уровень боковых лепестков ДН по сравнению с аналогичной бифокальной линзовой антенной с двумя преломляющими поверхностями.

2. Получены результаты теоретических и экспериментальных исследований возможности создания линзовой антенны диапазона 60 ГГц с

небольшой массой, высоким КУ и широким сектором сканирования в азимутальной плоскости. Разработана и создана оригинальная зонированная линзовая антенна с функцией широкоугольного электронного сканирования по азимуту, масса которой значительно меньше, чем антенн с гладкими (незонированными) линзами из того же материала и с близкими по значению КУ.

3. Предложен усовершенствованный итерационный метод синтеза плоских отражательных решеток, в котором используются оригинальные функции эталонных фазовых диаграмм, позволяющие получить более точное приближение к требуемой форме главного луча антенны.

4. Предложена методика проектирования плоских пассивных отражательных решеток, в основе которой лежит усовершенствованный итерационный алгоритм синтеза и электромагнитное 3D-моделирование. С помощью данной методики были разработаны оригинальные модели сканирующих антенн диапазона 60 ГГц с плоскими отражательными решетками, формирующими ДН секторного, карандашного и косекансного типов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Адекватность предлагаемых методов подтверждается сравнением результатов теоретических и экспериментальных исследований. При этом все представленные в диссертации результаты прошли проверку на соответствие теории средствами компьютерного моделирования в программе CST Microwave studio. Достоверность приведенных положений и выводов подтверждается результатами измерений характеристик изготовленных прототипов сканирующих антенн, полученных с помощью поверенной аппаратуры. Результаты работы апробированы на всероссийских и международных научно-технических конференциях. Имеется достаточное количество публикаций в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК, а также в изданиях индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus. Кроме того, получены три свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и один патент на изобретение.

Практическая значимость результатов диссертации

Предлагаемые в диссертации методы и конструктивные решения могут представлять интерес для широкого круга специалистов, занимающихся разработкой новых приемо-передающих устройств для мобильных сетей 5G.

В частности, сканирующие линзовые антенны могут стать частью приемопередающего оборудования релейных станций диапазона 60 ГГц, работающих в широкой полосе частот, а сканирующие антенны с плоскими отражательными решетками могут быть использованы в приложениях, где необходимы недорогие антенны с малым весом и плоскостным фактором. Применение разработанных антенн на малых базовых и радиорелейных станциях диапазона 60 ГГц позволит повысить качество и надежность высокоскоростной передачи данных в реконфигурируемых транспортных сетях 5G.

Практическая значимость диссертационного исследования подтверждается двумя актами внедрения результатов в ННГУ им. Н. И. Лобачевского.

Недостатки и замечания по диссертации

1. В тексте диссертации приведен детальный обзор различных типов сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн и достаточно подробно даны результаты теоретических и экспериментальных исследований сканирующих антенн, разработанных автором. Однако отсутствует явный сравнительный анализ характеристик антенн, описанных в научной литературе и представленных в настоящей диссертации. Данный анализ позволил бы наглядно продемонстрировать все преимущества и недостатки технических решений, предложенных автором.

2. В четвертой главе приведено краткое описание и результаты измерений характеристик всех созданных прототипов сканирующих антенн диапазона 60 ГГц. При этом ничего не сказано о требованиях, предъявляемых к точности изготовления диэлектрических линз и плоских отражательных решеток.

3. В диссертации не приведены также требования к точности установки облучающей ФАР по отношению к пассивным фокусирующим системам.

4. В четвертой главе приводится изображение лицевой панели виртуального прибора, созданного в среде LabView. Однако нет блок-схемы графического программного кода, являющегося неотъемлемой частью виртуальных моделей, реализованных в этом программном пакете.

Перечисленные замечания и вопросы не снижают общую положительную оценку диссертации, ее практическую значимость и научную ценность.

Заключение

Диссертация «Разработка и исследование характеристик сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн» выполнена на актуальную тему и является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям пунктов 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 11.09.2021), а ее автор Селезнев Валентин Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Кандидат технических наук (научная специальность: 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии), доцент, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» (КНИТУ-КАИ)

«15» января 2024 г.



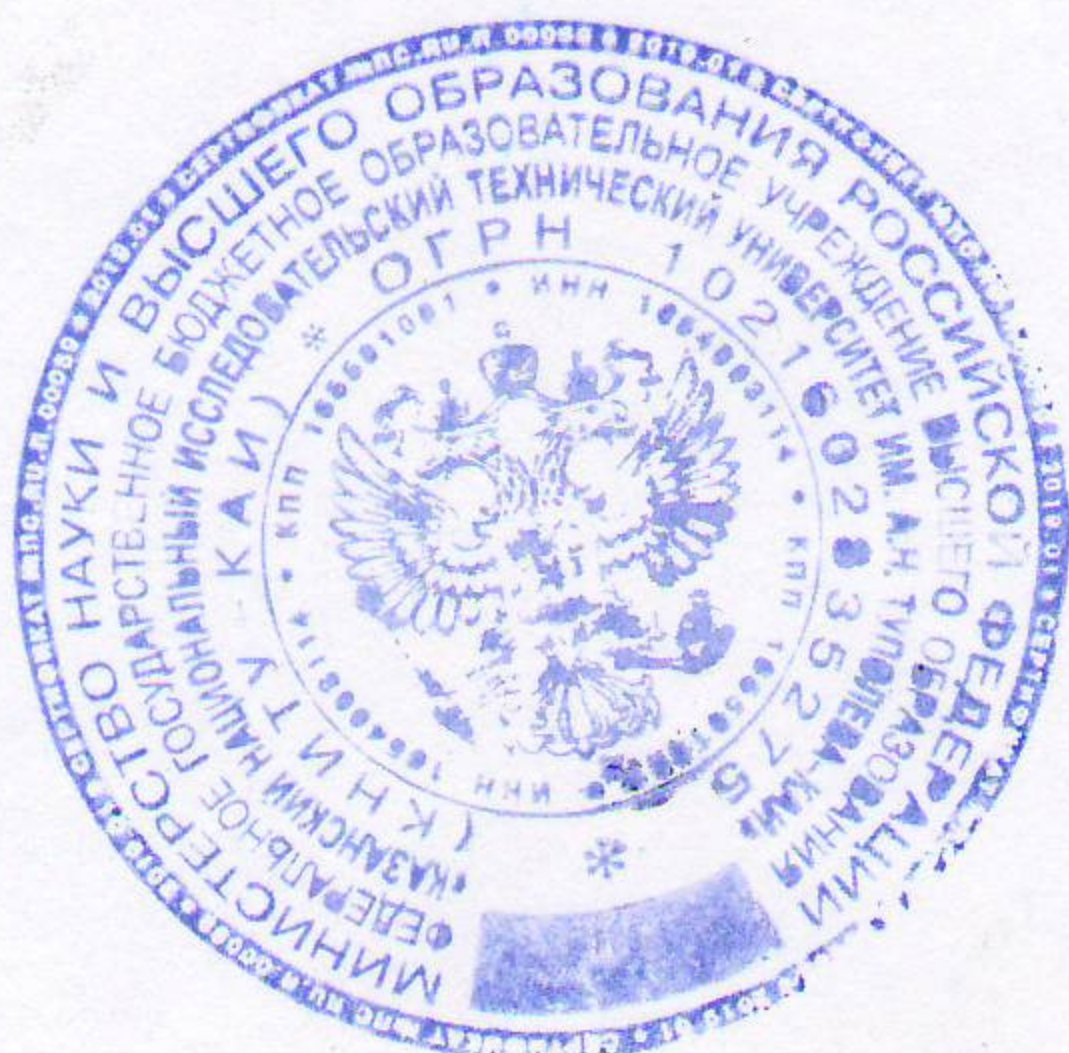
Д.А. Веденькин

Сведения об организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ)

Почтовый адрес: 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, дом 10

Контактный телефон: 8 (843) 231-59-34

E-mail: davedenkin@kai.ru



Подпись Веденькина Д.А.
заверено Документовед Д.А.