

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу
Селезнева Валентина Михайловича «Разработка и исследование характеристик сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн» на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 2.2.14 - Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Диссертационная работа В.М. Селезнева подготовлена на кафедре статистической радиофизики и мобильных систем связи (СР МСС) радиофизического факультета ННГУ и посвящена разработке сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн и исследованию их характеристик.

Использование миллиметрового диапазона длин волн является ключевым фактором, позволяющим значительно увеличить частотную полосу используемых сигналов и, тем самым, существенно повысить пропускную способность систем связи 5G по сравнению с системами мобильной связи четвертого поколения. Однако, для того чтобы полностью использовать преимущества миллиметрового диапазона длин волн, в силу особенностей их распространения необходимо разворачивать неоднородные сети, состоящие из существующих больших макросот (с радиусом порядка 500-1000 метров), работающих в диапазоне ниже 6 ГГц, и дополнительных малых сот с небольшими базовыми станциями (точками доступа) миллиметрового диапазона с радиусом действия до 50 – 100 метров, размещаемых в местах большого скопления пользователей (hot-spots). При этом миллиметровый диапазон предполагается использовать не только для обслуживания пользователей, находящихся в зоне покрытия малой соты, но и для передачи большого потока данных между малыми базовыми станциями и большими базовыми станциями макросот, связанными с опорной сетью. Это накладывает жесткие требования на характеристики антенных систем, используемых на малых базовых станциях, они должны обладать высоким коэффициентом усиления, обеспечивать возможность сканирования в большом угловом секторе и, в тоже время, иметь низкую стоимость.

Таким образом, поставленная в диссертации задача разработки дешевых сканирующих антенн миллиметрового диапазона с высоким коэффициентом усиления и рабочей полосой частот в несколько гигагерц является весьма актуальной для успешного развертывания систем связи пятого поколения. Актуальность выбранной темы диссертации подтверждается также большим числом публикаций в научно-технических изданиях, посвященных этому вопросу, разработкой новых релизов стандартов сотовой связи (5G NR) и беспроводного доступа в Интернет (IEEE 802.11) и активной работой проводимой в данном направлении в ведущих компаниях-производителях коммуникационного оборудования (Huawei, Samsung, Intel, LG, Ericson, Nokia и др.).

Селезнев В.М. закончил магистратуру радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика» в 2015 году. В период с 2015 по 2019 г. обучался в аспирантуре. Одновременно с учебой в аспирантуре и после ее окончания он работал по совместительству на кафедре СР МСС в должности младшего научного сотрудника. Тема диссертации В.М. Селезнева сформировалась в ходе выполнения на кафедре научно-исследовательских и хозяйственных работ, проводимых в интересах IT компаний, в которых он активно участвовал.

В диссертационной работе В.М. Селезнева были решены важные теоретические и прикладные задачи.

В первой главе представлен подробный анализ различных концепций построения и технологий реализации сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн, предназначенных для работы в системах мобильной радиосвязи 5G и беспроводного доступа в Интернет Wi-Fi. На основе проведенного анализа выбрано направление дальнейших исследований. Показано, что антенны с линзами из однородного диэлектрика и пассивными плоскими отражательными решетками являются перспективными для использования при развертывании малых сот в сетях мобильной связи 5G NR и точек доступа Wi-Fi на основе стандартов IEEE 802.11ad и IEEE 802.11ay. Данные антенны имеют высокий коэффициент усиления, широкую рабочую полосу частот, простую конструкцию, низкую стоимость изготовления и при этом способны осуществлять электронное сканирование лучом в широком секторе углов.

Вторая глава диссертации посвящена разработке сканирующих линзовых антенных систем, проведены расчеты профилей различных тороидальных фокусирующих линз в приближении геометрической оптики. Спроектированы тороидальные линзы из полиэтилена ($\epsilon = 2.35$), имеющие в вертикальной плоскости эллиптический, зонированный (составленный из отрезков гипербол) и бифокальный профили. Разработаны и созданы два прототипа сканирующих линзовых антенных систем с линзами, имеющими бифокальный и зонированный профили. В качестве облучателя в обоих случаях использовалась компактная 16-элементная (2×8) ФАР диапазона 57.24 – 65.88 ГГц, обладающая функцией электронного сканирования лучом в азимутальной плоскости.

Третья глава посвящена разработке сканирующих антенн с плоскими отражательными решетками, формирующими диаграммы направленности заданного типа. Разработаны оригинальные модели пассивных плоских отражательных решеток, формирующих ДН секторного, карандашного и косекансного типа. Отражательные решетки были синтезированы с помощью модифицированного автором итерационного метода, который позволил получить более точное приближение к требуемой форме главного луча.

Четвертая глава посвящена практической реализации разработанных сканирующих антенн миллиметрового диапазона длин волн. В.М. Селезневим были разработаны два прототипа сканирующих линзовых антенн с бифокальным и зонированным профилями, и два прототипа антенн с плоскими отражательными решетками. Проведены подробные экспериментальные исследования характеристик изготовленных прототипов. Установлено, что измеренные характеристики хорошо согласуются с результатами электромагнитного моделирования в CST Microwave studio и отвечают требованиям, предъявляемым стандартами IEEE 802.11ad и IEEE 802.11ay к приемо-передающему антенному оборудованию малых базовых станций (точек доступа Wi-Fi) и релейных станций, работающих в окрестности частоты 60 ГГц на расстояния 25 – 50 м и 100 – 300 м соответственно.

Полученные в диссертации результаты имеют прямую практическую направленность и могут быть использованы в системах беспроводного доступа в Интернет и мобильной сотовой связи миллиметрового диапазона длин волн.

При выполнении диссертационной работы В.М. Селезнев проявил большую самостоятельность и целеустремленность, творческий подход к решению сложных задач.

В.М. Селезнев является высококвалифицированным специалистом в области антенных систем миллиметрового диапазона длин волн, он активно занимается научной работой совместно с преподавателями кафедры СР МСС и пользуется уважением в коллективе кафедры.

Основные результаты диссертации опубликованы в 15 работах.

Считаю, что диссертационная работа В.М. Селезнева удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 - Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Научный руководитель, профессор,
доктор физ.-мат. наук (01.04.03 – радиоп физика
и 05.12.01 – теоретические основы радиотехники),
заведующий кафедрой статистической радиоп физики и
мобильных систем связи радиоп физического факультета
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского
Мальцев Александр Александрович
Адрес:
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, ННГУ
e-mail: maltsev@rf.unn.ru
Тел. +7(831)4656153

