

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по
научной работе,
доктор технических наук



А.Н. Щипунов

11 » 12 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Слободяненко Александра Александровича
«РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ АНТЕНН НА
ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Актуальность темы исследований для науки и практики

Разработка, производство и эксплуатация антенных устройств и систем неразрывно связаны с измерениями и контролем их технических характеристик.

Одной из основных контролируемых характеристик антенны является диаграмма направленности. Измерения параметров диаграмм направленности апертурных антенн в основном выполняются на антенных измерительных комплексах ближней зоны с планарным сканированием, использующих взаимосвязь распределения амплитуд и фаз электромагнитного поля на плоскости сканирования с аналогичным распределением в дальней зоне. Алгоритмы преобразований излучения антенн из ближней в дальнюю зону являются объектом непрерывных исследований в целях повышения их точности и снижения ресурсоёмкости, что подтверждает актуальность диссертационной работы. Совершенствование алгоритмов преобразования электромагнитного поля антенн непосредственно связано с тематикой работ ФГУП «ВНИИФТРИ» в

части исследований точностных характеристик методов и средств измерений радиотехнических характеристик антенн в ближней зоне.

Цель работы заключается в определении распределения электромагнитного поля антенны по измерениям поля в ближней зоне. Для ее достижения автором сформулированы и решены следующие частные задачи:

- разработан численный метод решения обратной задачи излучения;
- разработаны и реализованы методы уменьшения вычислительных затрат на решение обратной задачи излучения;
- исследованы предельные ограничения метода при решении задачи определения пространственного распределения электромагнитного поля антенны;
- разработана методика коррекции измеренного электромагнитного поля антенны в ближней зоне, учитывающая искажение электромагнитного поля, обусловленное влиянием датчика поля;
- проведены экспериментальные исследования разработанных методов и методики.

Объем и оформление работы соответствует требованиям ВАК для диссертации, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Во введении диссертационной работы обозначены цель и основные задачи исследования, научная новизна, практическая ценность и положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор литературы, в котором рассмотрены основные подходы к измерениям характеристик антенн. Обоснована необходимость разработки метода, обеспечивающего восстановление электромагнитного поля на произвольном расстоянии от антенны по результатам измерений в ближней зоне антенны. Для этого предложено выполнять реконструкцию распределения поверхностных токов на антенне с дальнейшим пересчетом на произвольное расстояние. Также обоснована необходимость разработки методики коррекции измерений поля в ближней зоне, устраняющей систематическую составляющую погрешности измерений, обусловленную влиянием датчика поля (зонда).

Во второй главе разработан метод решения обратной задачи излучения, обеспечивающий сходимость численного представления решения к точному решению, устойчивый к случайным погрешностям во входных данных. Разработаны численные алгоритмы, обеспечивающие уменьшение вычислительных затрат.

В третьей главе представлены численные исследования разработанных метода и алгоритмов, выполненных на электродинамических

моделях антенн различных типов. Проведена верификация метода, определены предельные ограничения на структуры и число выборок ближнего поля, необходимых для точного определения электромагнитного поля антенны.

В четвертой главе предложена методика коррекции характеристик антенны-зонда, основанная на теории плоских волн, в которой определение требуемого спектрального отклика зонда осуществляется по результатам электродинамического расчета калибровочной модели “эталонная антенна – зонд”.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований решения обратной задачи излучения различных типов антенн по результатам измерений в ближней зоне, полученные с применением разработанных методов на экспериментальном измерительно-вычислительном комплексе с планарной схемой сканирования.

В заключении сформулированы выводы, отражающие основное содержание полученных результатов.

Наиболее значимые научные результаты и научная новизна диссертационной работы заключаются в следующем:

- предложена методика коррекции измеренного распределения электромагнитного поля антенны в ближней зоне, отличающаяся использованием результатов электродинамического расчета калибровочной модели для компенсации влияния датчика поля;

- разработаны алгоритмы решения системы линейных алгебраических уравнений, обеспечивающие численное представление решения обратной задачи излучения и отличающиеся использованием проекций на гиперплоскости, образованные уравнениями системы.

Практическая значимость проведенных исследований и полученных научных результатов

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработанный метод решения обратной задачи излучения и предложенная методика коррекции ближнего поля могут использоваться на существующих и новых автоматизированных измерительно-вычислительных комплексах ближней зоны с планарной схемой сканирования. Интерес представляет возможность расширения углового сектора в пределах которого диаграмма направленности может быть восстановлена с нормированной погрешностью.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность положений диссертации определяется строгостью применяемого математического аппарата, а также согласованность результатов с теорией и экспериментом.

Апробация и публикации

Диссертационная работа А.А. Слободяненко прошла достаточную апробацию, ее основные научные практические результаты докладывались на 5 национальных и международных конференциях. Основное содержание диссертации изложено в 9 статьях, в том числе 2 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК.

Недостатки и замечания

1. Автором не обоснованы используемые в качестве критериев численные значения эквивалентного уровня помех (минус 35 дБ), не проведён анализ существующих показателей точности широко применяемых антенных измерительных комплексов ближней зоны.

2. Автор некорректно оперирует метрологическими терминами. Например, использует термин «ошибка» вместо «погрешность», выражает погрешность в виде «со случайной погрешностью не более минус 35 дБ» без указания её свойств (предельное значение, среднеквадратическое значение и т.д.). В ряде случаев присутствует некорректное использование физических терминов, например, «...напряжение, фиксируемое зондом...», «...зонд не измеряет поле в одной точке, а фактически измеряет средневзвешенное значение полей...» (с. 14).

3. При обосновании необходимости снижения вычислительных затрат автор не указывает их фактические значения на имеющихся в составе антенных измерительных комплексах вычислительных средствах.

4. В работе автор ограничивается сравнением предлагаемого метода только с методом модального разложения.

5. При проведении моделирования и экспериментов автором используются антенны с небольшой направленностью (размеры апертуры $(2...4)\lambda$, и даже линейная щелевая антенна, которые не являются объектом испытаний на комплексах ближней зоны с планарным сканированием. Результаты, подтверждающие преимущества предлагаемых алгоритмов для крупноапертурных антенн не приведены. В главах 3 и 4 отсутствует информация о частотах на которых проводилось моделирование и расчёты.

Однако, указанные недостатки не снижают научной и практической ценности работы.

Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача.

Результаты диссертации обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью, в достаточной степени представлены в опубликованных научных трудах автора.

Представленная работа соответствует паспорту специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» в части п.1: решение внешних и внутренних дифракционных задач электродинамики для анализа и синтеза высокоэффективных антенн и микроволновых устройств, определения их предельно-достижимых характеристик, возможных путей построения.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание.

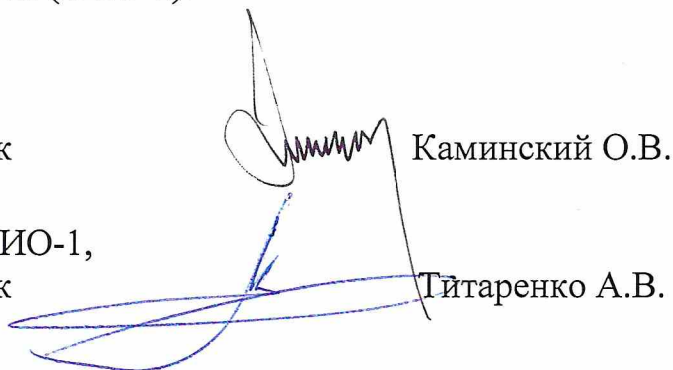
Использование результатов работ других авторов сопровождается корректными ссылками на их публикации.

Диссертация Слободяненко А.А. отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней...», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Диссертационная работа рассмотрена и одобрена 08.12.2023 г. на заседании на заседании секции № 1 Ученого совета ФГУП «ВНИИФТРИ» при Научно-исследовательском отделении метрологии радиотехнических и электромагнитных измерений (НИО-1).

Начальник НИО-1,
кандидат технических наук

Заместитель начальника НИО-1,
кандидат технических наук



Каминский О.В.
Титаренко А.В.

141570, Московская область, Солнечногорский район, г.п. Менделеево

<https://www.vniiftri.ru>

office@vniiftri.ru

тел.: +7 (495) 526-63-63