



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РАДИОСВЯЗИ»
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

Российская Федерация,
344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, д. 130
тел. (863) 2000-555, 2555-311, факс 2000-500
ОКПО 07522991, ОГРН 1026103711204
ИНН/КПП 6152001024/616501001

«19» 04 2022 г. № 180/495-4343
на № _____ от _____

Ученому секретарю диссертационного
совета 32.1.004.01, созданного при
ФГУП «ВНИИФТРИ», кандидату
физико-математических наук, старшему
научному сотруднику Балаханову М.В.

141570, Московская область,
Солнечногорский район,
г.п. Менделеево, ФГУП «ВНИИФТРИ»

Уважаемый Михаил Валентинович!

Высылаю Вам отзыв, подготовленный ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» на автореферат диссертации Аютиня Николая Викторовича на тему «Разработка метода измерений характеристик антенн путем сканирования по неканоническим поверхностям в ближней зоне», подготовленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Приложение:

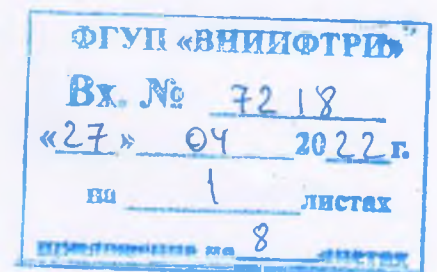
Отзыв на автореферат диссертации в 2-х экз. на 4 листах каждый.

С уважением

Ученый секретарь диссертационного совета Д 15.1.022.01 кандидат
технических наук, доцент

апреля 2022 г.

Р.В. Емельянов



УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
унитарного предприятия «Ростовский-на-Дону
научно-исследовательский институт
радиосвязи» Федерального научно-
производственного центра,
кандидат технических наук



« 28 »

А.А. КОСОГОР
04 2022 г.

Отзыв

на автореферат диссертации АНЮТИНА Николая Викторовича,
выполненной на тему

«Разработка метода измерений характеристик антенн путем сканирования по неканоническим поверхностям в ближней зоне» и представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.10 - «Метрология и метрологическое обеспечение»

Актуальность темы определяется необходимостью контроля характеристик антенных решеток на этапах их разработки и производства. При этом одновременно возрастают и требования к точности измерения характеристик, что непосредственно связано как с расширением функциональных возможностей, так и повышением требований к точности определения характеристик антенных решеток.

Применение известных способов и методов измерения характеристик направленности антенных решеток в дальней зоне ограничено размерами безэховых камер, что не позволяет использовать автоматизированные измерительные комплексы дальней зоны (АИК ДЗ). В свою очередь, сложность создания и высокая стоимость радиоколлиматоров делает экономически нецелесообразным их применение для измерения характеристик направленности антенн больших антенных решеток. В связи с указанными факторами для измерения характеристик направленности антенных решеток наиболее широкое распространение находят автоматизированные измерительные комплексы ближней зоны (АИК БЗ).

Для обеспечения более высокой точности определения характеристик направленности антенн в состав АИК БЗ включаются позиционеры с большим числом степеней свободы, а также средства измерений координат - лазерные трекеры. Увеличение числа степеней свободы в выборе точек сканирования электромагнитного поля в ближней зоне позволяет проводить измерения за меньшее время, а также уменьшать влияние переотраженных электромагнитных волн путем размещения зондовой антенны дальше от окружающих объектов и ближе к источникам прямого излучения. Координатные измерения на классических АИК БЗ позволяют учитывать

отклонения зондовой антенны от узлов эквидистантных сеток на части плоскости, цилиндра или сферы, которые являются каноническими поверхностями сканирования. Точность измерений современными лазерными трекерами на порядок выше точности позиционирования зондовой антенны механическими позиционерами.

Расширение возможностей перемещения зондовой антенны обуславливает и соответствующее развитие научно-методического обеспечения обработки результатов измерений. В классических методах измерений характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля в БЗ большинство интегралов сводится к быстрому преобразованию Фурье. По этой причине в классических методах используется только информация о пространственном или угловом перемещении между точками на канонических поверхностях сканирования, а также радиус цилиндра или сферы. В основе новых методов измерений характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля в БЗ лежит решение системы интегральных уравнений, которые связывают электромагнитные поля исследуемой и зондовой антенны с измеряемым на практике коэффициентом передачи. Достоинством такого решения является возможность сканирования электромагнитного поля во множестве точек, не связанных друг с другом одной поверхностью.

Однако данный подход приводит к плохой обусловленности матрицы системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), к которой сводится исходная система интегральных уравнений, а также большой вычислительной сложности алгоритмов. На практике это проявляется, во-первых, в возрастании в несколько раз числа точек сканирования и, следовательно, времени измерений. Во-вторых, значительно возрастает стоимость вычислительной подсистемы АИК БЗ, поскольку измерения внешних характеристик антенн и электродинамическое моделирование их полей методами интегральных уравнений требуют одни и те же вычислительные ресурсы. По этим причинам до настоящего времени отсутствовали методики измерений характеристик направленности антенн путем сканирования электромагнитного поля в БЗ излучения на неканонических поверхностях.

Достоверность полученных научных подтверждается корректным использованием существующих методов исследования, соответствием расчетных и экспериментальных данных, использованием средств измерений, прослеживаемых к государственным эталонам, свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна работы заключается в том, что

1. Получена формула для прямого преобразования электромагнитного поля внутрь замкнутой поверхности, которая в отличие от известных не требует обращения матрицы оператора преобразования.

2. Получено асимптотическое уравнение связи между антеннами в дальней зоне излучения зондовой антенны, которое в отличие от известных применимо в ближней зоне излучения исследуемой антенны.

3. Разработан метод восстановления компонент вектора электромагнитного поля, входными данными для которого в отличие от

известных служат измерения коэффициента передачи между антеннами в волновой зоне излучения минимум в трех точках с разностью фаз не более 180° .

4. Разработана имитационная модель измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля в произвольно заданном множестве точек в ближней зоне излучения, которая в отличие от известных применима в промежуточной и дальней зоне излучения.

Практическая ценность:

Разработанная имитационная модель измерений внешних характеристик антенн в ближней зоне излучения может использоваться для аттестации методик измерений и испытаний антенных измерительных комплексов. Разработанная методика измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля по неканоническим поверхностям в ближней зоне излучения может использоваться на всех существующих и новых антенных измерительных комплексах ближней зоны.

Результаты работы реализованы в виде:

- программного обеспечения для созданных во ФГУП «ВНИИФТРИ» сканеров электромагнитного поля, для которого получено свидетельство о регистрации № 2018619915;

- методики измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля по неканоническим поверхностям в ближней зоне излучения.

Результаты работы апробированы в достаточной мере на 8 конференциях различного уровня, опубликованы 5 статья из перечня журналов и изданий, рекомендованных ВАК т 3 изданиях, входящих в базу Scopus.

К недостаткам диссертации, судя по автореферату, на наш взгляд, следует отнести следующие:

1. В работе предложено асимптотическое представление пространственно-частотного коэффициента передачи S_{21} и определены границы его применения. Однако более правильным было бы получать оценку точности асимптотического разложения на основе его интегрального значения.

2. Термин «микроскопические уравнения», использованный в отношении уравнений Максвелла (1) и (2) является некорректным.

3. В материалах автореферата четко не сформулировано, в каком из разработанных автором алгоритмов использована «Программа расчета электромагнитных полей» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018619915).

Следует отметить, что указанные недостатки в целом не снижают общего положительного впечатления о диссертации, отличающейся логичностью и ясностью изложения материала.

Заключение по работе

1. Несмотря на отмеченные замечания, судя по автореферату, диссертация выполнена на требуемом научно-техническом уровне и

соответствует специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение.

2. Диссертация Анютина Николая Викторовича «Разработка метода измерений характеристик антенн путем сканирования по неканоническим поверхностям в ближней зоне» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития технической отрасли знаний.

3. Диссертация отвечает требованиям п.9 (пп. 1) «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, а ее автор, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

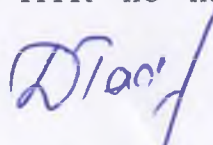
4. Анютин Николай Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Начальник научно-технического комплекса ФГУП «РНИИРС», кандидат технических наук



Валентин Иванович Демченко

Заместитель начальника НТК по науке ФГУП «РНИИРС», доктор технических наук, профессор



Дмитрий Давидович Габриэлян

Ведущий научный сотрудник отдела подготовки кадров высшей квалификации ФГУП «РНИИРС», доктор физико-математических наук, доцент



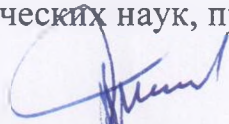
Марина Юрьевна Звезда

Старший научный сотрудник НТК ФГУП «РНИИРС», кандидат технических наук



Александр Евгеньевич Коровкин

Начальник управления подготовки кадров высшей квалификации ФГУП «РНИИРС», доктор технических наук, профессор



Валерий Владимирович Хуторцев

344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, д. 130, тел. (863)2000555,
E-mail: rniirs@rniirs.ru