

ОТЗЫВ

официального оппонента **Буянова Юрия Иннокентьевича** на диссертационную работу **Ерохина Алексея Александровича** «Методы цифрового диаграммоформирования для широкополосных антенных решеток» по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы. Цифровые фазированные антенные решетки с возможностью управления диаграммой направленности находят применение в самых различных сферах применения, таких как радиолокация, радиотомография, дистанционное зондирование земной поверхности, системы связи различного назначения. Широкополосные цифровые антенные решетки позволяют создать несколько независимых лучей диаграммы направленности, осуществлять сканирование в широком секторе углов, а также создавать глубокие минимумы диаграммы направленности заданных направлениях для уменьшения влияния помех. В настоящее время многие вопросы создания частотно-независимых цифровых антенн остаются нерешенными, необходимы эффективные методы управления диаграммой направленности. Научная задача, решаемая в диссертации Ерохина А. А. и направленная на разработку методов частотно-независимого диаграммоформирования, несомненно, является актуальной.

Анализ содержания работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 116 наименований и приложения, в котором представлены акты внедрения результатов диссертационной работы Ерохина А. А. и документы, подтверждающие право на интеллектуальную собственность. Основной текст диссертации изложен на 140 страницах и содержит 84 рисунка и 3 таблицы. Результаты работы опубликованы в 13 научных статьях, в том числе в 8 статьях в

журналах, входящих в перечень ВАК, а также были представлены на 9 российских и международных конференциях.

Во введении определена цель исследования, сформулированы научные положения, отмечены новизна, научная ценность, практическая значимость проведённых исследований, отмечена апробация полученных результатов, их внедрение.

В первой главе проведен обзор существующих подходов к реализации узкополосного и широкополосного цифрового формирования диаграмм направленности цифровых антенных решеток с временной и пространственной задержкой сигналов и рассмотрены вопросы формирования глубоких минимумов в заданных направлениях.

Во второй главе предложено развитие методов формирования диаграмм направленности в широком частотном диапазоне на основе линий с временной и пространственной задержками сигналов. Рассмотрены вопросы влияния характеристик линии с временной задержкой на диаграмму направленности решетки. Приводятся структурные схемы широкополосных и диапазонных цифровых антенных решеток.

Третья глава посвящена методам формирования глубоких минимумов диаграммы направленности в заданных направлениях для частотно-независимых антенных решеток.

В четвертой главе приведены результаты вычислений характеристик частотно-независимых цифровых антенных решеток. Оценено влияние характеристик приемного тракта на параметры диаграммы направленности решетки. Приведены результаты экспериментальных исследований цифровой антенной решетки L-диапазона.

Степень обоснованности научных положений, выводов и результатов. Научные положения, выводы и результаты, представленные в работе, основаны на корректном использовании численных и аналитических методов при расчетах характеристик цифровых антенных решеток.

Достоверность полученных результатов подкреплена согласованностью результатов аналитических расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

Научная новизна работы: получены аналитические выражения для расчёта весовых коэффициентов фильтров с конечной импульсной характеристикой, обеспечивающие синтез их коэффициентов без использования сложных вычислительных процедур; предложен модифицированный метод синтеза минимумов диаграммы направленности частотно-независимой цифровой антенной решетки.

Теоретическая значимость работы. Впервые показано, что фазовый центр частотно-независимой цифровой антенной решетки с минимумами диаграммы направленности в заданных направлениях сохраняет свое положение в заданном частотном диапазоне.

Практическая значимость работы. Разработаны методы формирования частотно-независимой диаграммы направленности частотно-независимой цифровой антенной решетки, не требующие больших вычислительных затрат; разработаны программы для ЭВМ, предназначенные для синтеза диаграмм направленности частотно-независимых цифровых антенных решеток, которые могут быть использованы в антеннах для широкополосных систем связи и радиомониторинга.

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, научные положения и выводы достаточно обоснованы. Полученные оригинальные результаты имеют научную и практическую значимость в области проектирования цифровых антенных решёток. Материал диссертации изложен грамотно, автореферат отражает существо диссертации. Содержание, основные выводы и практические рекомендации представленной работы соответствуют паспорту специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Замечания по работе

1. Сформулированная во введении цель исследования заключается в управлении положением максимума диаграммы направленности, однако значительная часть диссертационной работы посвящена управлению положением «нулей».

2. Утверждение о низкой вычислительной сложности предложенных методов формирования диаграммы направленности антенной решетки не подкреплено убедительным сравнением с другими методами.

3. Известно, что с изменением частоты фазовый центр широкополосной логопериодической антенны перемещается вдоль антенны, однако из текста диссертации осталось непонятным, каким образом автор учитывает влияние смещения фазового центра на фазовое распределение в антенной решетке.

4. В описании экспериментальной части работы не приведены характеристики антенных элементов, расположение их относительно друг друга и остальных элементов макета, также не указаны характеристики аналоговых трактов и АЦП, что затрудняет сравнение результатов моделирования и измерений.

Тем не менее, отмеченные недостатки не снижают ценности диссертационного исследования А. А. Ерохина и не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Заключение

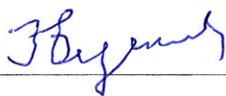
Диссертационная работа А. А. Ерохина «Методы цифрового диаграммоформирования для широкополосных антенных решеток» является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложены методики формирования диаграммы направленности цифровых антенных решеток, обладающие низкой вычислительной сложностью.

Считаю, что диссертационная работа полностью соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением №842 от 24.09.2013 Правительства Российской Федерации,

а её автор, Ерохин Алексей Александрович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиофизики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

15 сентября 2021 г.



Буянов Юрий Иннокентьевич

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Электронная почта: yurbuy@yandex.ru, телефон: 8-913-880-41-51



Подпись
удостоверяю
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГУ
Н.А. САЗОНОВА