



ВЕГА

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КОНЦЕРН РАДИОСТРОЕНИЯ «ВЕГА»
JOINT-STOCK COMPANY «RADIO ENGINEERING CORPORATION «VEGA»

№
На № от

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научно-технической политике
АО «Концерн «Вега», к.т.н.



А.Д. Крайлюк

2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Нгуен Куок Зуй «Анализ и оптимизация сверхширокополосных малоэлементных антенных решёток линейной поляризации с целью расширения полосы частот», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Актуальность темы диссертационной работы

Использование в аппаратуре измерительной техники, системах радиосвязи и радиолокации сверхширокополосных (СШП) сигналов позволяет существенно расширить множество решаемых задач в области радиолокации и связи, повысить быстродействие, скрытность и информативность передаваемых сообщений, обеспечить высокое разрешение и идентификацию зондируемых объектов, а также возможность их наблюдения под растительным покровом или подстилающей поверхностью. Начавшемуся практическому внедрению подобных технологий способствовали успехи в разработке СШП приёмников и синтезаторов сигналов. Неотъемлемым элементом упомянутых систем должны быть и СШП антенны. Методам разработки таких антенн за последние два десятилетия посвящено значительное число работ, где предложены варианты СШП антенн, различающиеся формой, технологичностью изготовления и отношением верхней частоты рабочей полосы к нижней частоте. Однако наряду с требованиями оптимизации перечисленных характеристик, к антеннам в ряде приложений (преимущественно в радиолокации и радиосвязи) предъявляются и дополнительные требования, например – к величине коэффициента усиления (КУ) и вариации формы диаграммы направленности (ДН) в рабочей полосе частот.

Один из известных путей повышения усиления - использование антенных решеток разной кривизны и размерности, что позволяет реализовать также и электрическое сканирование луча.

Значения указанных характеристик антенн не являются независимыми, и улучшение одних из них приводит к ухудшению других. Тем самым оптимизация их совокупности зависит от априорного выбора приоритетов. Поэтому тема рассматриваемой диссертационной работы, ориентированная на оптимизацию полосы рабочих частот антенных решёток разного вида с малым числом элементов, при максимально возможной величине коэффициента усиления, является **актуальной**.

В работе проанализированы трёхмерные и плоские СШП излучатели линейной поляризации (различные варианты ТЕМ - рупоров, печатные диполи и монополи, щелевые), функционирующие в режиме поперечной или квази-поперечной моды, а также известные методы анализа – строгие (метод конечных элементов - МКЭ, метод конечных разностей во временной области - МКРВО, решения интегрального уравнения методом Крылова-Боголюбова, метод собственных волн и матриц рассеяния) и приближённые (длинной линии, поперечных сечений, асимптотическая теория дифракции на открытом конце рупора), позволяющие оптимизировать характеристики как самих излучателей, так и антенных решёток на их основе; рассмотрены сверхширокополосные двух- и четырёх- элементные антенные решетки, всенаправленные в H плоскости, с синфазным делителем цепи питания на основе двухпроводной симметричной полосковой линии. Проведено исследование и оптимизация параметров решеток по критерию реализации максимальной полосы согласования и усиления решеток при минимальной неравномерности диаграммы направленности в H - плоскости. Результаты численного моделирования подтверждены результатами измерения характеристик экспериментального макета двухэлементной решетки печатных диполей. Исследованы и оптимизированы параметры предложенного автором трехканального коаксиального СШП синфазного делителя мощности с равномерным делением мощности, необходимого для построения коллинеарных СШП антенных решеток.

Рассмотрены СШП коллинеарные антенные решетки (АР) из двух цилиндро-конических элементов. Построены их электродинамические модели, с помощью которых оптимизированы параметры этих решёток по критерию максимальной полосы согласования при максимально возможных значениях КУ в полосе согласования. Результаты численного моделирования подтверждены результатами физического эксперимента с использованием изготовленного образца решётки.

Исследованы возможности реализации сверхдиапазонного (с отношением крайних частот рабочей полосы более 10) режима работы и определены характеристики коллинеарной решетки из трех, шести, девяти и двенадцати биконических элементов. Рассмотрены характеристики согласования при сканировании бесконечной, 6- и 9-элементной решетки из 17-омных биконических элементов и показано, что последние имеют расширенные по сравнению с бесконечной решеткой полосы согласования.

Проанализированы аналогичные варианты линейных АР из антенных элементов в виде 180-, 120- и 90 - градусных вырезов биконической линии и ТЕМ-рупоров разных типов.

Проведено исследование двумерных периодических плоских и цилиндрических решёток с антенными элементами нескольких типов. Показано, что взаимная связь слабо влияет на характеристики согласования в цилиндрической решетке. Подтверждена возможность реализации сверхдиапазонных антенных решёток.

В процессе проведенного в диссертации исследования автором получены следующие **новые научные результаты:**

- предложен и исследован трехканальный коллинеарный сверхширокополосный синфазный делитель-сумматор с равным распределением мощности по каналам;
- исследованы и оптимизированы характеристики излучения и согласования коллинеарных сверхширокополосных антенных решеток с антенными элементами в виде биконических элементов. Показано, что в синфазном режиме отношение нижней частоты к верхней частоте рабочей полосы таких АР превышает 1:25;

- предложены, исследованы и оптимизированы характеристики линейных антенных решеток из симметричных и несимметричных цилиндрических и конических и поликонических элементов диаметром менее $1/3$ максимальной длины волны, при этом двухэлементные решетки имеют коэффициент усиления более 3 дБ в относительной полосе свыше 70%, а трехэлементные решетки – более 4 дБ в относительной полосе свыше 60% ;
- предложены, исследованы и оптимизированы характеристики всенаправленных в Н-плоскости сверхширокополосных неординарных линейных решеток печатных диполей с неравномерностью КУ в Н-плоскости менее 1.5 дБ - у двухэлементной решетки и менее 1 дБ – у четырехэлементной решетки;
- показано, что в линейных антенных решетках из биконических антенных элементов и в виде ТЕМ-рупоров различных типов реализуемо отношение нижней частоты к верхней частоте рабочей полосы не менее 1:25 в синфазном режиме;
- исследованы цилиндрические и плоские антенные решетки из биконических антенных элементов и в виде ТЕМ-рупоров различных типов, для которых показана возможность реализации полосы частот с отношением нижней частоты к верхней более 1:10 в синфазном режиме;
- определены пути подавления имеющего место эффекта большого заднего излучения в плоских антенных решетках с антенными элементами в виде ТЕМ-рупоров без экранов.

Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в обосновании электродинамических моделей канала Флоке бесконечной решетки ТЕМ рупоров и анализ с её помощью как эффекта обратного излучения в таких решетках без экрана, так и оценки близости величины нижней частоты рабочей полосы в антенных решетках с конечным числом элементов к предельно достижимой.

Практическая ценность полученных в диссертации результатов заключается в следующем:

- показана возможность реализации сверхширокополосных линейных, плоских и цилиндрических антенных решеток с отношением нижней частоты к верхней более 1:10;

– разработан и изготовлен экспериментальный образец сверхширокополосной линейной антенной решетки из двух цилиндрических конических элементов с всенаправленной в Н-плоскости диаграммой направленности и коэффициентами усиления 2.8 - 5 дБ в полосе частот (3 – 5.3) ГГц;

– разработан и изготовлен экспериментальный образец сверхширокополосной линейной антенной решетки из двух печатных диполей с неравномерностью диаграммы направленности в Н – плоскости менее 1.5 дБ в полосе частот 2.45 – 5.1 ГГц и коэффициентом усиления 2.3 - 5 дБ.

Материалы по исследованию и разработке обоих экспериментальных образцов решеток использованы в НИР «Создание программно-аппаратных средств инфокоммуникационной инфраструктуры для малонаселенных пунктов на основе подхода сверхширокополосных беспроводных программно-конфигурируемых сетей», выполняемых в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 гг.».

Достоверность и обоснованность полученных результатов обусловлены корректным применением широко апробированного аппарата решения электродинамических задач (метода конечных элементов, метода конечных разностей во временной области, метода интегральных уравнений), а также хорошей корреляций результатов численного моделирования характеристик согласования и излучения антенных решёток с результатами измерений на изготовленных образцах решёток.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены на II и IV Всероссийских Микроволновых научных конференциях (г. Москва, 2014 и 2016 гг), 26-ой Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (г. Севастополь, 2016 г.). научно-технической конференции «Актуальные направления развития теории и техники антенно-фидерных устройств» (г. Москва, 8 декабря 2016 г.).

Основные результаты диссертации опубликованы в 10 научных трудах, из которых 6 - статьи в изданиях из «Перечня ВАК», а 4 – материалы в трудах международной и всероссийских конференций в течение 2014-2016 годов.

Рекомендуется использовать результаты диссертации на предприятиях, занятых разработкой радиосвязных сверхширокополосных или широкодиапазонных информационных систем (Созвездие, г. Воронеж, МНИИРС, РНИИРС) и учебном процессе таких ВУЗов, как МАИ, МФТИ, МИРЭА, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЮФУ по соответствующей специальности.

К недостаткам работы можно отнести следующее.

1. Рамки широко сформулированной цели исследования конкретизированы лишь в главе 1 через определение сверхдиапазонности (стр. 15).

2. Рассмотренные излучатели антенных решёток и сами решётки характеризуются несколькими геометрическими параметрами, определяющими характеристики антенн зависимым образом. В работе не указано, как именно происходил процесс оптимизация характеристик решёток по этим параметрам.

3. Исследованы антенные решётки лишь с постоянным амплитудным распределением, уровень боковых лепестков которых может представлять проблему в ряде приложений.

4. Учёт влияния земли произведен в рамках идеализированной модели, без учёта характера подстилающей поверхности, сезонных и метеоусловий.

5. В главе 3 не указано, с какими именно вариантами размеров нерегулярных ТЕМ-рупоров получены приведенные графические результаты.

6. В диссертации не приведен хотя бы краткий обзор достигнутых характеристик сверхширокополосных антенн в таких важных для рассматриваемой темы работах, как *D. Herskovitz, Wide, wider, widest (Journal of Electronic Defense, July 1995, p. 50-57); H.Schantz, The art and the science of ultrawideband antennas (Artech House, 2005); Z. N. Chen and M. Y. W. Chia, Broadband planar antennas. Design and applications (John Wiley & Sons Ltd, 2006); T. Zwick, W. Wiesbeck, J. Timmermann and G. Adamiuk, Ultra-wideband RF system engineering (Cambridge University Press, 2013).*

7. Изложение материалов исследования содержит большое число грамматических ошибок и стилистических погрешностей.

Содержание автореферата и материалы опубликованных работ автора дают достаточно полное представление об основных положениях диссертации, вынесенных на защиту, а также о полученных в диссертации результатах.

Тематика проведенного исследования соответствует паспорту специальности 05.12.07 – "Антенны, СВЧ – устройства и их технологии".

Выводы.

Отмеченные недостатки не умаляют заметным образом ценности и существа полученных автором результатов. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи по обоснованию возможности реализации на основе объёмных и плоских излучателей одно- и двумерных сверхширокополосных антенных решёток с улучшенными по сравнению с известными характеристиками согласования, что имеет значение для дальнейшего развития перспективных информационных систем.

Диссертационная работа отвечает требованиям "Положения о порядке присуждения учёных степеней" ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы Нгуен Куок Зуй заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности - 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

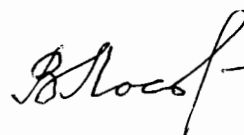
Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции №7 НТС АО«Концерн«Вега»
06 сентября 2017г.

Главный научный сотрудник
АО«Концерн«Вега»,
доктор технических наук, профессор

 А.П. Курочкин

Место работы: АО "Концерн "Вега",
121170, г. Москва, Кутузовский проспект, 34.
Служебный телефон: 8 (499) 753-40 –04* 9090
Электронная почта: mail@vega.su, для Курочкина А.П.

Ведущий научный сотрудник
АО«Концерн«Вега»,
кандидат физ.-мат. наук, с.н.с.

 В.Ф. Лось

Место работы: АО "Концерн "Вега",
121170, г. Москва, Кутузовский проспект, 34.
Служебный телефон: 8 (499) 753-40 –04* 9105
Электронная почта: mail@vega.su, для Лося В.Ф.