

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию С.Г. Кондратьевой «Двухчастотная фазированная мобильная антенная решётка РЛС L-диапазона», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ И СООТВЕТСТВИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Современные тенденции развития военно-промышленного комплекса России, с одной стороны, связаны с процессами глубокой модернизации существующих систем, а с другой стороны, немаловажным является процесс внедрения инновационных разработок, способных обеспечить конкурентоспособность разрабатываемых систем на мировом рынке. В диссертационной работе Кондратьевой С.Г., наряду с вопросами модернизации системы вторичной радиолокации двойного назначения, рассматриваются вопросы инновационных разработок в области построения полотна антенной решетки радиолокатора, способных улучшить тактико-технические характеристики существующих радиолокационных комплексов в части помехозащищённости и скрытности действия.

В диссертационной работе Кондратьевой С.Г. предложен способ построения двухчастотного полотна антенны вторичного радиолокатора, имеющего, в отличие от известных технических решений, единый СВЧ-тракт распределительной системы и решетку из двухчастотных антенных элементов. Особенность работы предложенной антенной системы заключается в том, что единая СВЧ-распределительная система обеспечивает формирование диаграммы направленности (ДН) специальной формы в двух рабочих частотных диапазонах с высокими требованиями по согласованию входа, а антенный элемент решетки обеспечивает требуемые направленные свойства и уровень согласования в обоих частотных диапазонах при жёстком ограничении габаритных размеров и длительности срока эксплуатации.

Поэтому тематику диссертационной работы Кондратьевой С.Г., направленной на поиск путей построения двухчастотных фазированных антенных решеток (ФАР) мобильных интегрированных радиоэлектронных комплексов (ИРЭК) с малым уровнем боковых лепестков ДН, следует признать актуальной.

При этом тема диссертационной работы Кондратьевой С.Г. целиком и полностью соответствует паспорту специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Кондратьевой С.Г. состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка цитированной литературы и приложения.

В первой вводной главе проведён обзор существующих систем вторичной обзорной радиолокации, а также международных нормативных документов ИКАО, устанавливающих требования к таким системам. По результатам обзора выполнена постановка задачи, определены основные требования и ограничения, необходимые в процессе разработки и проведён обзор возможных вариантов модернизации современных систем РЛС с ФАР, способных улучшить их характеристики в области борьбы с боковым излучением.

Во второй главе приводится обзор и предварительный расчёт характеристик антенного элемента ФАР, в результате которого выбрана конструкция и выполнена оптимизация параметров излучателя с учётом взаимодействия в составе малоэлементной антенной решётки. Кроме того, в этой главе сделан выбор и проведён аналитический расчёт параметров амплитудно-фазового распределения, необходимого для формирования ДН антенной системы в моноимпульсном методе пеленгации в азимутальной плоскости с учётом сканирования в заданном секторе углов и косекансной ДН в угломестной плоскости. Расчёт проведён с учётом требований, обусловленных технологическими особенностями процесса изготовления ФАР и её элементов, выражающихся в наличии статистических величин ошибок по амплитуде, фазе и пространственному положению излучателей антенной решетки.

В третьей главе описан процесс синтеза двухчастотной распределительной системы, состоящей из двух делителей мощности. Первый делитель мощности необходим для формирования суммарного и разностного каналов ДН для моноимпульсного метода пеленгации с учётом требований по уровню бокового излучения, ограничениям габаритных размеров и выделением части излучателей полотна антенной решётки для формирования активного канала подавления боковых лепестков. Второй делитель обеспечивает формирование косекансной ДН в угломестной плоскости с требованиями необходимости обеспечения низкого уровня излучения в направлении Земли и отсутствия «слепых» зон в рабочем секторе углов. В качестве дополнительного устройства СВЧ-тракта распределительной системы, необходимого для разделения (объединения) частотных каналов для двух приёмников (передатчиков), выступает частотный диплексер, топология которого рассчитана в диссертации.

Четвертая глава посвящена анализу воздействия на боковое излучение ФАР путем изменения пространственного размещения антенных элементов полотна ФАР. Рассмотрены различные пространственные конфигурации размещения элементов антенной решётки, позволяющие снизить боковое излучение в наиболее критичной для конкретной системы области пространства. Анализ проведён с учётом случайных величин ошибок амплитуды, фазы и пространственной координаты положения фазового центра каждого из антенных элементов.

В заключении сформулированы выводы, вполне адекватно отражающие результаты, полученные в ходе проведения диссертационного исследования.

В приложении А приведён метод расчёта статистических свойств характеристик направленности ФАР. Исходными данными предложенного метода являются параметры ФАР, такие как: координаты размещения каждого антенного элемента, его ДН, комплексная амплитуда возбуждения, а также законы распределения случайных величин, отражающих технологические погрешности размещения антенного элемента в пространстве, ошибки реализации требуемых величин амплитуды и фазы системы возбуждения. При этом представленный алгоритм даёт возможность оценки среднего значения, дисперсии и наихудшего случая для расчёта ДН, КНД, максимального и среднего УБЛ в зависимости от изменения различных параметров ФАР. Алгоритм обеспечивает возможность выбора статистических характеристик искажающих факторов.

СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ И ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Достоверность обуславливается использованием общей теории антенн и численных электродинамических методов расчёта, а также апробированного адекватного математического и статистического аппарата, специализированных лицензионных компьютерных программных комплексов. Полученные результаты неоднократно подтверждались в ходе проведения многочисленных вычислительных экспериментов с использованием различных САПР.

ОЦЕНКА НОВИЗНЫ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для достижения поставленной цели – поиска путей построения двухчастотной ФАР мобильных радиокомплексов с малым уровнем боковых лепестков ДН в диссертации поставлен и решен ряд взаимосвязанных задач, наиболее важными из которых, по моему мнению, являются следующие:

- предложена и разработана двухчастотная ФАР с 90° сектором сканирования и каналом ПБЛ с косекансной ДН в угломестной плоскости, обеспечивающая функционирование системы госопознавания в РТК двойного назначения;
- составлен алгоритм расчета распределительных двухчастотных систем для формирования заданных ДН, имеющих малый УБЛ, с учетом ошибок, возникающих в АФР в процессе изготовления, управления и эксплуатации;
- синтезирована косекансная и моноимпульсная ДН и определены характеристики канала ПБЛ для двух диапазонов рабочих частот;
- разработана методика расчета ДН двухчастотной ФАР, позволяющая учитывать наличие ошибок реализации её амплитудно-фазового распределения.

В результате решения этих задач диссертант вполне обоснованно выдвигает в качестве новых полученных научных результатов следующие:

- разработана единая система возбуждения двухчастотной ФАР с моноимпульсной диаграммой направленности в азимутальной плоскости и косе-

кансной ДН в угломестной плоскости при малом УБЛ;

- составлен алгоритм расчёта характеристик направленности и статистических характеристик антенных решеток с произвольным (заданным) размещением элементов.

- выявлена возможность минимизации уровня бокового излучения антенной решетки при фиксированном размере раскрыва и усиления.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Практическая значимость диссертационной работы определяется следующими полученными в ней результатами:

- разработана конструкция антенной решётки системы госопознавания для мобильного радиолокационного комплекса. Предложена двухчастотная ФАР на единой распределительной и излучающей системах, имеющая канал активного подавления боковых лепестков (ПБЛ);

- составлены алгоритм и программа расчёта многоканального двухчастотного полоскового делителя мощности для реализации заданного амплитудно-фазового распределения в линейной антенной решётке с учётом ошибок изготовления;

- установлены границы технологических допусков, обеспечивающих характеристики антенной системы в заданных пределах.

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Работа не свободна от недостатков, наиболее существенными из которых, на мой взгляд, являются следующие

- в работе отсутствуют экспериментальные исследования, при этом аналитические исследования ограничены лишь численным экспериментом;

- анализ взаимодействия антенных элементов решётки ограничен лишь численным экспериментом, проведённым для решётки 5x5, в то время как разрабатываемая фазированная решетка имеет большее количество элементов;

- электродинамический анализ ограничен лишь приближённой теорией антенных решёток и численными методами электродинамики, реализованными в используемых диссертантом САПР. При расчёте излучателя ФАР автор не опирается на решение задачи возбуждения антенного элемента в строгой электродинамической постановке;

- в работе недостаточно увязаны вопросы, рассмотренные в ее заключительной главе, как с темой диссертации, так и материалом предыдущих глав. Так применение с целью снижения УБЛ предлагаемых в этой главе решеток с пространственным расположением элементов в рассмотренных ранее мобильных ИРЭК вступает в противоречие с требованиями к глубине антенной системы, ограниченной размерами контейнера для ее размещения. При работе в L -диапазоне, как заявлено в теме диссертационной работы, минимизация массогабаритных характеристик мобильной ФАР становится весьма актуальной.


ВЫВОД

Отмеченные недостатки не снижают существенным образом общей положительной оценки диссертации Кондратьевой С.Г., являющейся законченной научно-квалификационной работой, посвященной **решению актуальной прикладной научной задачи** – разработке двухчастотной фазированной мобильной антенной решетки РЛС *L*-диапазона с функцией определения государственной принадлежности, выполненной на основе единой излучающей, распределительной и фазирующей системы. Полученные в диссертационном исследовании результаты обладают научной новизной и имеют практическое значение.

Работа написана ясным языком, аккуратно оформлена и демонстрирует хорошее владение автором, представленным в ней материалом.

Опубликованные работы автора представляют основные результаты работы в необходимой степени. Количество и уровень публикаций в авторитетных отечественных и зарубежных изданиях подтверждают высокий уровень работы. Содержание автореферата в достаточной степени соответствует основным положениям диссертационной работы.

Считаю, что данная диссертационная работа удовлетворяет требованиям пункта 9 (п.п. 1) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемого к кандидатским диссертациям, а ее автор Кондратьева Светлана Геннадьевна заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент,
зам. начальника тематического отдела по науке ФГУП "РНИИРС",
доктор технических наук, доцент
Касьянов Александр Олегович  А.О. Касьянов

Место работы: ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи. Федеральный научно-производственный центр».
344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, д. 130.
Служебный телефон: 8(863) 255-54-77.
Адрес электронной почты: kasao@mail.ru

Подпись и реквизиты зам. нач. отд. д.т.н. доцента Касьянова А.О. заверяю

Ученый секретарь научно-технического совета ФГУП «РНИИРС»





А.Б. Колотвин