НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

О Ь 2 0 А. У о Л На правах рукописи

Николаев Валентин Александрович

Антенны и антенные системы для загоризонтных РЛС

Специальность 05.12.07 - Антенны, СВЧ устройства и их технологии

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Москва 2012 г.

Оглавление

Введение

Глава 1 Основные принципы построения антенн и антенных систем для загоризонтных РЛС

1.1 Исследование схем построения сверхширокополосных и сверхширокоугольных активных ФАР

1.2 Исследование малогабаритных однонаправленных излучате¬лей для приемных антенн

1.3 Алгоритм “согласования” по шумам излучателей приемной антенны

1.4 Анализ взаимодействия передатчиков в активной ФАР

1.5 Алгоритм реализации заданного амплитудно-фазового воз-буждения излучателей в передающей активной ФАР

Глава 2 Исследование антенн и антенных систем для загори¬зонтных РЛС поверхностной волны

2.1 Основные принципы расчета и измерения внешних характе¬ристик антенн

2.2 Исследование влияния асимметричного противовеса на уг-ломестные характеристики несимметричных излучателей

2.3 Исследование способов уменьшения влияния наземного рефлектора на угломестные характеристики излучателей верти¬кальной поляризации

2.4 Исследование сверхширокополосной передающей антенны с управляемой поляризацией

2.5 Исследование сверхширокополосной малогабаритной пере-дающей антенны с укороченными Т-образными вибраторами

2.6 Исследование синфазных волн в сверхширокополосной ан¬тенне с наклонным распределительным фидером

2.7 Исследование активных передающих антенных решеток

2.8 Исследование приемной сверхширокополосной ФАР

2.9 Исследование самонесущего вибратора вертикальной поля-ризации для приемной антенны

2.10 Анализ возможностей реализации антенн поверхностной волны на морских судах

Глава 3 Антенны и антенные системы для загоризонтных РЛС пространственной волны 218

3.1 Исследование передающей активной ФАР 218

3.2 Оптимизация параметров вертикального рефлектора 246

3.3 Исследование приемной ФАР 253

3.4 Исследование антенн для измерения внешних характери¬стик наземных антенных систем 269

Заключение 280

Список литературы 284

Приложение А Акт внедрения 292

Приложение Б Акт внедрения 293

Приложение В Акт внедрения 294

Приложение Д Показатели качества для целевой функции 295

Введение

Одним из актуальных направлений современной радиолокации яв¬ляется загоризонтная радиолокация, которая позволяет наблюдать объ¬екты за границей прямой видимости, т.е. за горизонтом. Все радиолока¬торы, работающие в диапазонах СВЧ и УКВ могут наблюдать объекты, находящиеся лишь в пределах прямой видимости, т.е. над горизонтом. И только радиолокаторы, работающие в КВ диапазоне имеют возможность наблюдать объекты, находящиеся за линией горизонта, что и предопре¬делило их название - загоризонтные РЛС (ЗГ РЛС).

Загоризонтные РЛС делятся на два вида: пространственной волны (ПРВ) и поверхностной волны (ПОВ).

В случае ЗГ РЛС ПРВ, пространственная волна, уходящая в на¬правлении ионосферы, отражается от нее и возвращается на землю. При этом возможны режимы работы как с одним отражением от ионосферы (один «скачок»), так и с двумя отражениями (два «скачка»). Работа с тремя отражениями (тремя «скачками»), как правило, не проводится в связи с большими потерями энергии при отражении от ионосферы и земли. Редко используется и режим с двумя отражениями, поскольку для его реализации требуются большие излучаемые мощности. Поэтому бу¬дем рассматривать лишь работу ЗГ РЛС ПРВ с одним «скачком». В этом случае максимальная дальность действия радиолокатора составит ~ (3000 - 3500) км.

Поляризация радиоволн для ЗГ РЛС ПРВ не принципиальна, по¬скольку при прохождении через ионосферу за счет влияния магнитного поля Земли все равно происходит поворот вектора поляризации (эффект Фарадея).

В случае ЗГ РЛС ПОВ поверхностная (земная) волна распростра¬няется в некотором слое, расположенном в непосредственной близости от поверхности Земли, т.е. волна как бы прилипает к земной или мор¬ской поверхности. Эти РЛС работают на вертикальной поляризации, по¬скольку именно при этой поляризации электрическая составляющая на¬пряженности электромагнитного поля максимальна у поверхности Зем¬ли. В связи с достаточно большими потерями ПОВ в земле и значитель¬но меньшими потерями в морской поверхности, ЗГ РЛС ПОВ обычно располагаются в непосредственной близости от незамерзающего моря и используются, в основном, для наблюдения за морскими объектами или для изучения геофизики моря. Дальность действия таких радиолокато¬ров не превышает ~ 400 км.

Заключение

ВдиссертационнойработерассмотренывопросыоптимальногосточкизренияминимальныхматериальныхзатратпризаданныхтребованияхпроектированиякрупногабаритныхкоротковолновыхсверхширокополосныхпередающихиприемныхантенниактивныхантенныхсистемАСдлязагоризонтныхРЛСпространственнойиповерхностнойволныработающихвдиапазонерабочихчастотДРЧотдоМГц

РазработаннаявдиссертацииметодологияэтогопроектированиябазируетсянапоискеминимумацелевойфункциипредставляющейсобойпроизведениеотносительныхпоказателейкачествахарактеризующихстоимостьизлучателейколичествоактивныхэлементовпередатчиковилиприёмниковдлинураскрываАСизанимаемуюейплощадьнеравномерностьКНДистоимостьдлинувсехфидеровАСПриэтомвкачествеусловияоптимизациипринятотребованиечтоширинаДНвовсемДРЧисектореобзоранедолжнапревышатьнекоторойнапередзаданнойвеличинытефФ°ДопВпроцессеоптимизациибылоопределеноминимальнонеобходимоеколичествоподдиапазоновлитеровнакоторыеразбивалсявесьДРЧсоответствующееминимумуцелевойфункцииТакнапримерприкоэффициентеперекрытияДРЧнадолитераапринеобходимолитераипридостаточнолитераВрезультатеоптимальныйкоэффициентперекрытияподдиапазонаравен

Полученныевработеинженерныесоотношенияпозволяютнапрактикереализоватьпроцедурупроектированияоптимальныхантенныхсистем

РазработаннаяметодологиясогласованияпошумамприемныхантеннКВдиапазонабазирующаясяназначительномпревышениивнешнихатмосферныхигалактическихшумовнадсобственнымишумамиприемникапозволяетвнесколькоразуменьшитьгабаритывибраторовитемсамымсущественноснизитьстоимостьсоздаваемыхустройств

ВкачествеисходногоусловиядлясогласованияпошумамиспользуетсядопущениечтопотериполезногосигналазасчётпереходаотсогласованныхпоКСВрезонансныхвибраторовкукороченнымрассогласованнымнедолжныпревышатьдБВрезультатесучётомчувствительностиприёмникаопределяютсядопустимоезначениеКСВдляукороченноговибратораиегоразмерыПриэтомвкачествеуровнявнешнихшумовберётсяминимальновозможныйуровеньвнешнихшумовврайонедислокацииРЛС

БлагодаряиспользованиювприёмныхАФУоднонаправленныхкардиоидныхизлучателейудаетсяотказатьсяотгромоздкогоапериодическогорефлекторачтотакжезначительноснижаетстоимостьвсегоАФУКардиоидныйизлучательпринезначительномизмененииеговнешниххарактеристикможетработатьвовсёмКВдиапазонеОднакоегокоэффициентпередачивэтомслучаеможетбытьослабленнадБиболееПоэтомудляобеспечениянеравномерностикоэффициентапередачивпределахдБкардиоидныйизлучательтакжедолженвыполнятьсяполитернойсхеме