

Н.В. Дрожжина¹, И.С. Шурыгина^{1,2}

¹ ОАО ГСКБ "Алмаз-Антей"

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Управление шириной луча активной фазированной антенной решетки путем задания специальных амплитудно-фазовых распределений

Рассмотрены новые возможности по формированию амплитудно-фазовых распределений, введенных в интегрированно-программный комплекс «LambdaMDS» для управления параметрами диаграммы направленности активной фазированной антенной решетки.

Ключевые слова: активная фазированная антенная решетка, амплитудно-фазовое распределение

В настоящее время быстро развивается область численного электродинамического моделирования антенно-фидерных и СВЧ устройств с помощью специализированных программных комплексов – систем электромагнитного моделирования (HFSS, CST Microwave Studio, Zeland FIDELITY, FEKO, μ Wizard). Практические возможности использования систем электромагнитного моделирования при разработке конкретных устройств в значительной степени определяются следующими основными характеристиками: функциональными возможностями, достоверностью получаемых результатов, наличием возможности проведения параметрических расчетов и оптимизации геометрии по выходным характеристикам, доступными формами вывода результатов моделирования. Одной из таких систем является интегрированный программный комплекс (ИПК) «LambdaMDS», разработанный в ГСКБ «Алмаз-Антей». ИПК «LambdaMDS» предназначен для моделирования излучающих элементов ФАР, управляемых ферритовых устройств СВЧ, многоканальных полосковых распределительных систем, оптических антенных систем; расчета протяженных волноводных трактов со сложным феррито-диэлектрическим заполнением. Достоверность получаемых результатов неоднократно проверена на практике.

Система моделирования ANTENN (далее ANTENN) входит в состав интегрированного программного комплекса «LambdaMDS» и предназначена для моделирования и проектирования антенных систем и устройств, входящих в их состав, в частности – активных фазированных антенных решеток (АФАР), что особенно актуально в последнее время ввиду их активного внедрения в технику.

В рамках развития ИПК «LambdaMDS» для системы ANTENN разработан алгоритм для задания на антенной решетке амплитудно-фазового распределения в виде задаваемых вручную таблиц значений амплитуды и фазы поля на каждом облучателе решетки или посредством формул, описывающих зависимость фаз и амплитуд от координат облучателей. Вариации амплитудно-фазовых распределений на решетке позволяют управлять шириной и другими характеристиками диаграммы направленности (ДН). В зависимости от поставленной задачи (поиск, захват, сопровождение цели) к антенной системе предъявляются различные требования к параметрам ДН, то есть к необходимой

ширине и форме луча нужно «подобрать» амплитудно-фазовое распределение, которое будет потом реализовано в одном из режимов АФАР. При этом важно сохранить достаточный уровень усиления. В данной статье рассмотрены примеры формирования амплитудно-фазовых распределений для изменения формы и характеристик ДН относительно случая равномерного амплитудно-фазового распределения.

Рассмотрим вопрос расширения ДН АФАР при условии минимизации потерь по КУ антенны, потенциала локатора, а также обеспечения требуемых уровней боковых лепестков и необходимой линейности и крутизны пеленгационной характеристики. Очевидно, что формирование соответствующих амплитудных распределений и тем более полное отключение активных элементов (для уменьшения апертуры) приведёт к потере не только КУ, но и потенциала. Поэтому актуальным является поиск оптимального фазового

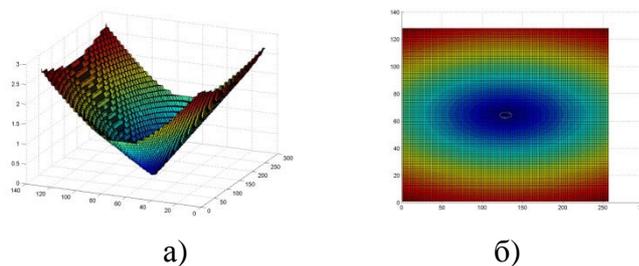


Рисунок 1

или амплитудно-фазового распределения для решения поставленной задачи. Применение того или иного метода зависит как от коэффициента расширения, так и других параметров ДН к которым предъявляются специфические требования.

Одним из наиболее простых способов расширения ДН при равномерном амплитудном распределении является фазовое распределение, описываемое уравнением конуса трехмерный вид которого и вид на полотне АФАР представлены на рис. 1а и 1б соответственно. Параметры уравнения, необходимые для задания рассматриваемого вида распределения, задаются пользователем ИПК и зависят от геометрии решетки.

Исследование данного фазового распределения при различных значениях параметров конуса показало, что расширение суммарного луча ДН без его раздвоения - незначительно и не превосходит единиц процентов (см. рис.2).

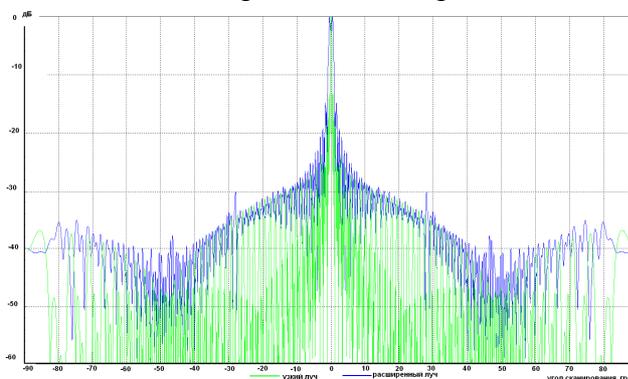


Рисунок 2

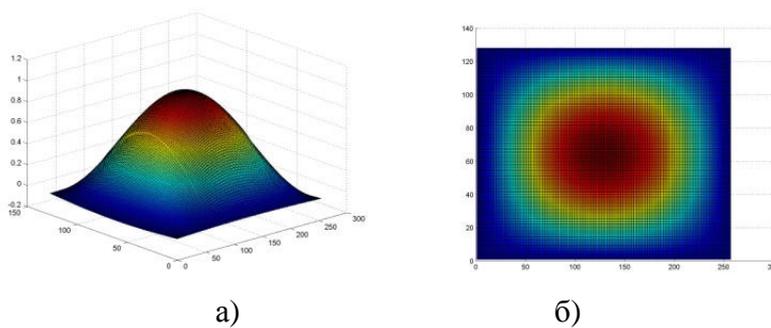


Рисунок 3

Использование исключительно фазового способа управления параметрами луча при равномерном амплитудном распределении приводит к изрезанности главного луча ДН и росту уровня боковых лепестков. Для того, чтобы компенсировать это, вводится нелинейность амплитудного распределения дополнительно к нелинейности фазового. Смешанный - амплитудно-фазовый метод управления параметрами ДН дает дополнительные потери в усилении, но позволяет получить более крутые и линейные пеленгационные характеристики, чем просто фазовый метод. Примером нелинейного амплитудного распределения может служить спадающее распределение амплитуды типа «косинус на подставке» представлено на (рис. 3) а)- трехмерный и б)- вид на полотне).

В данной работе были исследованы варианты нелинейных амплитудно-фазовых распределений с амплитудой типа «косинус на подставке» и фазой типа «конус» (см. рис. 1) или типа «косинус на подставке». Параметры амплитудного и фазового распределений задаются пользователем ИПК. Использование амплитудного распределения типа «косинус на подставке 0.1» с фазовым типа «конус» при различных углах раствора конуса позволяет расширять ДН до восьми раз относительно случая равномерного амплитудно-фазового распределения при сохранении достаточной крутизны и линейности пеленгационной характеристики (см. рис.4).

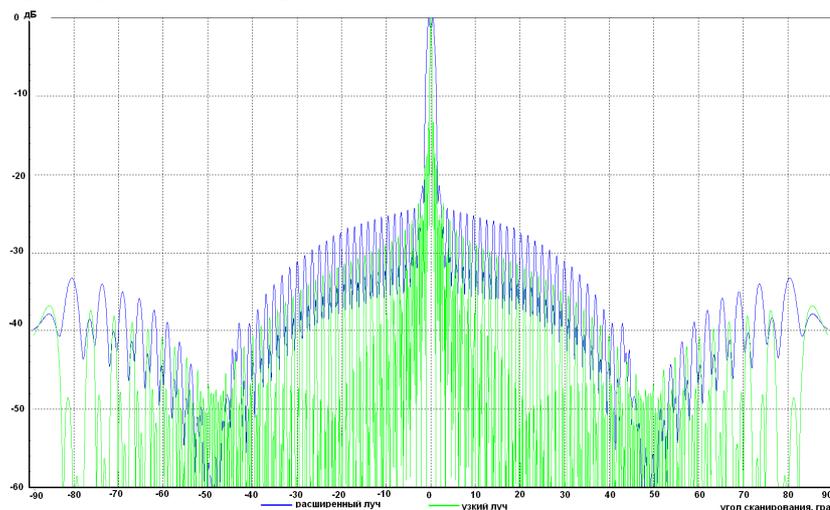


Рисунок 4

По мере уменьшения угла раствора конуса, начиная с некоторых его значений, ДН становится сильно изрезанной, несмотря на компенсирующее влияние нелинейного

амплитудного распределения. Это ведет к росту боковых лепестков, значительной нелинейности пеленгационной характеристики и падению усиления антенны.

Использование нелинейного амплитудно-фазового распределения, где как амплитуда, так и фаза имеют вид «косинус на подставке» позволяет управлять расширением луча в широком диапазоне значений (расширение до десятков раз). Платой за такое сильное расширение ДН является сильная изрезанность, нелинейность пеленгационной характеристики и значительное падение коэффициента усиления антенны. Однако, подобные ДН могут иметь применение, например, при работе локатора в ближней зоне, когда не требуется определение координат сопровождаемого объекта. Пример такой ДН приведен на рис. 5.

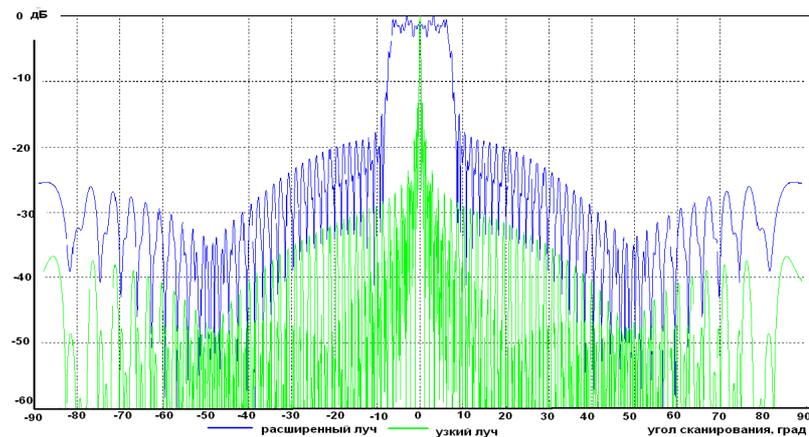


Рисунок 5

В данной статье были приведены примеры некоторых амплитудно-фазовых распределений, с целью промоделировать возможности управления характеристиками ДН АФАР. Предполагается продолжение работы в этом направлении, введение в ИПК «LambdaMDS» возможностей автоматического решения задачи фазового синтеза, а также оптимизация используемых алгоритмов для ускорения расчетов. Результаты такого математического моделирования позволят наиболее полно использовать возможности высокопотенциальных АФАР по управлению ДН с минимальными потерями по коэффициенту усиления и другим значимым параметрам.

Библиографический список

1. Батов П.Л.; Винниченко Ю.П.; Данилочкина Е.Н.; Доброжанская О.Л.; Калашник И.Е.; Леонов Д.Н.; Орлов В.П.; Сергеев А.А.; Туманская А.Е.; Феокистов В.Г. // Система математического моделирования и проектирования СВЧ-устройств и ФАР – «LambdaMDS». Антенны, 2002. вып.5, С. 132.
2. Воскресенский Д.И.; Гостюхин В.Л.; Максимов В.М.; Пономарев Л.И. // Антенны и устройства СВЧ. Издательство МАИ, 1999.
3. Батов П.Л., Дрожжина Н.В., Калашник И.Е., Туманская А.Е. // Исследования влияния элементов конструкции АФАР на диаграмму направленности. Антенны, 2013. вып.1, С. 188.