

## Критерии синтеза антенных решеток мобильных радиоэлектронных комплексов

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru

А. В. Евсеев, email: superfisherman1@mail.ru

О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru

Ю. В. Сторожук, email: tipylia@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»), г. Воронеж, Россия

***Аннотация.** Выполнен обзор критериев синтеза антенных решеток для мобильных радиоэлектронных комплексов. Исследованы закономерности изменения коэффициентов направленного действия решеток при создании диаграмм направленности требуемой формы. Показано, что наименьшие потери направленных свойств характерны для решеток, синтез которых выполняется при контроле локальных экстремумов диаграмм направленности для отдельных угловых положений без минимизации среднеквадратического отклонения от заданного вида в секторах боковых лепестков.*

***Ключевые слова:** критерий синтеза антенной решетки, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия.*

### Введение

Ключевые вопросы разработки мобильных радиоэлектронных комплексов связаны с поиском технических решений по построению их антенных систем [1]. Бортовые антенны должны обладать малыми массогабаритными характеристиками и формами конструкции, не приводящими к значительному изменению внешнего облика и ухудшению маневренных свойств носителей. Их коэффициенты направленного действия (КНД) должны обеспечивать требуемые энергетические потенциалы радиоканалов, а диаграммы направленности (ДН) – заданные показатели пространственной избирательности передачи-приема сигналов, помехозащищенности и электромагнитной совместимости приемно-передающих устройств, функционирующих в общих диапазонах частот.

Согласно [1, 2], в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют антенные решетки (АР), выполненные из планарных или низкопрофильных элементов. Массогабаритные показатели достигаются

за счет формы конструкции, встраиваемой в корпус носителя; высокие КНД достигаются за счет синфазного сложения в пространстве сигналов отдельных антенных элементов; амплитудно-фазовая фазовая коррективировка распределения токов решеток позволяет формировать ДН с секторными провалами в установленных направлениях без применения вспомогательных компенсационных устройств [2, 3].

### **1. Определение характеристик и критерии синтеза антенных решеток.**

При синтезе АР мобильных радиоэлектронных комплексов применяются следующие критерии [4]:

- а) с минимизацией среднеквадратического отклонения ДН;
- б) с минимизацией среднеквадратического отклонения квадрата ДН от требуемой формы;
- в) с минимизацией различий формируемой и требуемой ДН на множестве фиксированных направлений.

При использовании первого из указанных критериев достигается достаточно точное восстановление искомой ДН антенны, и ввиду того, что главный луч имеет требуемую форму, минимизируются потери КНД. Однако КНД антенной системы убывает пропорционально ширине ее ДН во второй степени [4].

Для второго критерия имеет место линейная зависимость падения КНД по мере расширения главного луча ДН антенной системы. Различие закономерностей изменения КНД при минимизации среднеквадратического отклонения ДН и ее квадрата от требуемой формы объясняется тем, что во первом случае фигурирует требование приближения ДН к заданному виду по амплитудно-фазовому распределению токов элементов, а применение второго критерия накладывает ограничения только на абсолютные значения токов антенных элементов [2].

Общий недостаток этих подходов заключается в том, что нахождение вектора токов АР сводится к решению математически некорректных задач [5] методами нелинейного программирования с применением неформализованных процедур регуляризации [6].

Третий критерий основан на решении системы линейных уравнений относительно токов с частичным обращением матрицы, элементами которой являются парциальные ДН антенных элементов в заданных направлениях. Как показано в [7], распределение токов, удовлетворяющее этом критерию, обеспечивает минимум среднеквадратического отклонения ДН решетки в области главного луча от формы, удовлетворяющей первому и второму критериям. В результате последовательной коррекции распределения токов путем

последовательного создания нулей ДН в направлениях локальных экстремумов формируются ее секторные провалы, позволяющие снизить средний уровень боковых лепестков, как и при использовании первого критерия синтеза.

### **Заключение**

Таким образом, проведен обзор критериев синтеза АР для мобильных радиоэлектронных комплексов. Исследованы закономерности изменения КНД решеток при формировании требуемых ДН. Показано, что наиболее предпочтительным для получения заданной формы ДН при минимизации потерь КНД АР является критерий, базирующийся на контроле соответствия формируемой и требуемой ДН на множестве фиксированных направлений.

### **Список литературы**

1. Математическое моделирование, оптимизация и автоматизированное проектирование дифракционных и вибраторных мобильных антенных решеток / Под общ. ред. В. И. Юдина. – Воронеж : ВГТУ, 1999. – 257 с.
2. Неганов, В. А. Современная теория и практические применения антенн / В. А. Неганов, Д. П. Табаков, Г. П. Яровой; под ред. В. А. Неганова. – М. : Радиотехника, 2009. – 720 с.
3. Обуховец, В. А. Микрополосковые отражательные антенные решетки. Методы проектирования и численное моделирование / В. А. Обуховец, А. О. Касьянов; под общ. ред. В. А. Обуховца. – М.: Радиотехника, 2006. – 240с.
4. Кашин, В. А. Методы фазового синтеза антенных решеток / В. А. Кашин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 1. – С. 47-60.
5. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1986. – 288с.
6. Неганов, В. А. Физическая регуляризация некорректных задач электродинамики: линии передачи, антенны, дифракция электромагнитных волн / В. А. Неганов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2008. – 432 с.
7. Разиньков, С. Н. Синтез нулей диаграмм направленности резонансных и диапазонных антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский, М. Ю. Лукин // Радиотехника. –2017. – № 12. – С. 44-51.