

Т. Ф. ДАНГ, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ВОЗМОЖНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Рассматривается применение методов математического моделирования с использованием пакета Mathcad для расчета диаграммы направленности антенны радиолокатора. Ключевые слова: фазированная антенная решетка, диаграмма направленности, боковые лепестки.

Настоящее время требует постоянного повышения эффективности использования радиолокационных систем, реализации их потенциально достижимых возможностей по обнаружению любых воздушных объектов. В этой связи в данной статье рассматривается возможность улучшения характеристик направленности антенны в условиях возрастающей радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Конструкция фазированной антенной решетки (ФАР) канала визирования состоит из блока фазированной антенной решетки и блока облучателей, который в свою очередь состоит из поляризаторного фильтра, поляризатора и облучателей двух каналов приема/передачи (рисунок 1). При моделировании использовались следующие конструктивные характеристики и параметры антенны: форма раскрытия ФАР прямоугольная, размер $2,34 \times 2,06$ м; передающий облучатель – пирамидальный рупор с осесимметричной диаграммой направленности; приемный облучатель моноимпульсный, реализует суммарно-разностную обработку; размер основного рупора $8,5 \times 6,5$ см; исходное значение рабочей длины волны 3,2 см ($\lambda_p = 1,4a$, где a – размер широкой стенки питающего волновода).

Направленные свойства антенной системы на излучение/прием определяются в основном ФАР и её облучателем.

Разработана математическая модель для расчета диаграммы направленности (ДН) антенны [1]. Определены значения параметров главного лепестка, уровней боковых лепестков в окрест-

ности, прилегающей к главному, получены графики диаграмм на излучение и прием, в частности графики парциальных лучей антенной решетки [2] (рисунок 2).

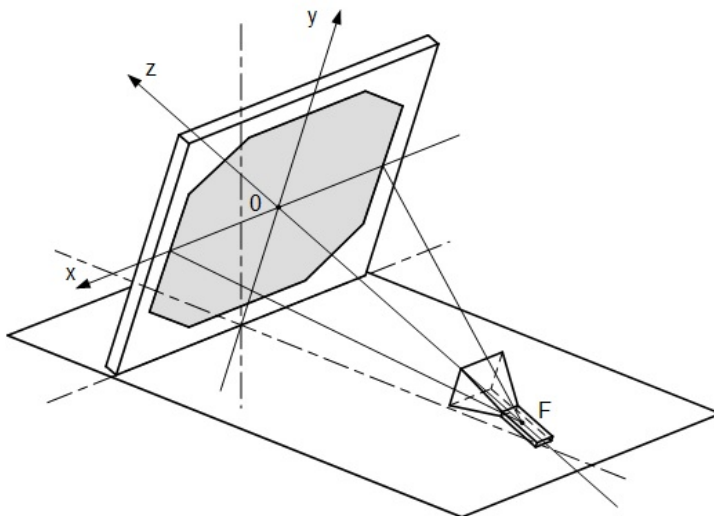


Рисунок 1 – Конструкция фазированной антенной решетки

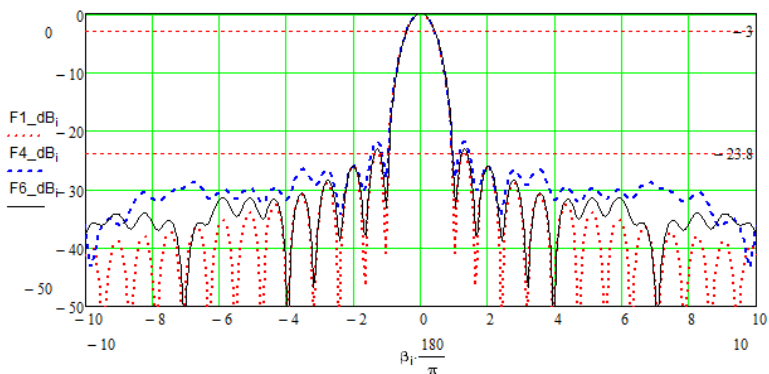


Рисунок 2 – Графики множителя системы фазированной антенной решетки в логарифмическом масштабе: сплошной соответствует дискретному режиму фазовращателей при $\Delta\phi = 22,5^\circ$; пунктирный – при $\Delta\phi = 45^\circ$; точечный – аналоговому режиму фазовращателей

Исследовано влияние на направленные свойства решетки рабочей длины волны, способа управления фазовым распределением в «косых» плоскостях, оценено снижение среднего уровня боковых лепестков (что важно в условиях РЭБ) за счет изменения дискретности фазовращателей (ФВ) решетки с $\pi/4$ на $\pi/8$.

В секторе углов $\pm 10^\circ$ относительно максимума главного лепестка средний уровень боковых лепестков $F_{\text{блср}}$ снижается примерно на 5 дБ. В пределах зоны прямой видимости это позволяет уменьшить дальность проведения радиотехнической разведки параметров сигналов на 43,8%.

Разработана модель расчета амплитудно-фазового распределения (АФР) поля на раскрыве рупорного облучателя в плоскостях E и H поля основной волны с учетом имеющих место фазовых ошибок. Разработана модель расчета ДН облучателя, соответствующих ей параметров закона распределения поля на раскрыве решетки для режимов излучения и приема сигналов. Исследовано выполнение условия единственности главного максимума ДН решетки при отклонении луча антенны в режиме сканирования на максимальный требуемый угол для управления фазовым распределением в «косых» плоскостях. Оценена эффективность снижения уровня боковых лепестков ДН антенны за счет уменьшения фазовых ошибок на раскрыве [3], вызванных дискретностью управления фазовым распределением. Путем расчета установлена возможность снижения дальности проведения радиотехнической разведки противником за счет использования им излучения антенны через боковые лепестки ДН.

Выводы

Разработанная математическая модель расчета параметров антенны позволила получить результаты, характеризующие направленные свойства канала визирования, а также провести оценку параметров ДН: ширина главного лепестка на уровне половинной мощности $0,84^\circ$ при дискретности ФВ $\pi/4$ $F_{\text{бл1}} \leq -22$ дБ, в секторе $\pm 10^\circ$ средний уровень $F_{\text{бл}} \leq -30$ дБ, коэффициент использования площади антенны 0,82, коэффициент усиления 43 дБ. Основным фактором, существенно влияющим на уровень боковых лепестков ДН ($F_{\text{бл}}$), является дискретный характер управления АФР поля на раскрыве решетки [4]. Как вариант решения предлагается уменьшить дискретность до $\pi/8$.

Результаты исследования могут использоваться для радиолокаторов с целью совершенствования характеристик направленности их антенн, в частности оптимизации параметров ФАР, а также поиска рационального варианта размещения ее элементов для расширения возможностей радиолокаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов В.С. Пономарев Л.И. Гринев А.Ю. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие. М.: Радио и связь, 1994. 593 с.

2. Хансен Р.С. Фазированные антенные решетки. М.: Техносфера, 2012. 560 с.

3. Скобелев С.П. Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности: дис. ... д-ра физ.-мат наук. М., 2014. 320 с.

4. Диаграммообразование в антенных решетках / И.Б. Вендик [и др.]. М.: Физматлит, 2020. 112 с.

T.F. Dang

Possibility to improve antenna directive characteristics in conditions of developing requirements of electronic warfare

The work uses mathematical modeling methods using the Mathcad package to calculate the radiation pattern of the radar antenna.

Keywords: phased array antenna, radiation pattern, side lobes.

dangtuanphuong01111998@gmail.com