

Программная реализация модели расчета диаграмм направленности фазированных антенных решёток различной структуры

А. А. Иванов¹, Д. В. Волков²

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
ivlelik@mail.ru¹, mitya.volkov.2021@mail.ru²

Аннотация. В данной статье представлена программная реализация модели расчета диаграммы направленности фазированной антенной решетки различной структуры.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, диаграмма направленности

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время фазированные антенные решетки (ФАР) нашли широкое применение в радиотехнике. Основным преимуществом ФАР является возможность осуществления электронного сканирования пространства по заданному алгоритму, которое позволяет быстро и с высокой точностью измерять угловые координаты объектов. Разработка ФАР является сложным итерационным процессом. На начальном этапе проектирования перед разработчиками остро стоят вопросы правильного выбора состава и структуры ФАР. Проведение аналитических расчетов, позволяющих сформировать оптимальный технический облик антенны, зачастую не представляется возможным в силу их сложности и большой трудоемкости. В связи с этим актуальной является задача разработки программных средств, позволяющих моделировать и оценивать характеристики ФАР различной структуры и конфигурации.

II. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

В данной работе описывается процесс расчета диаграмм направленности ФАР одиночные излучатели которой имеют вид: спиральной антенны, пирамидального рупора, симметричного вибратора и линейный эквидистантный характер их размещения.

Исходными данными необходимыми для проведения расчета диаграммы направленности, задаваемые пользователем, являются:

1. Общие характеристики фазированной антенной решетки (активная, пассивная, способ изменение фазового сдвига, характер взаимное расположение элементов, углы сканирования, количество одиночных излучателей).

2. Характеристики излучателей, составляющих структуру антенны:

- тип излучателя (спиральная антенна, пирамидальный рупор, симметричный вибратор);
- параметры одиночного излучателя (количество витков спирали, волновое число, коэффициент укорочения волны, длина витка спирали, шаг спирали, расстояние от вибратора до экрана, угол раскрыва рупора и т.д.);

3. Характер размещения излучателей в структуре фазированной антенной решетки [1]:

- эквидистантные (плоские, гексагональные, линейные);
- неэквидистантные.

В соответствии с исходными данными, для заданного типа одиночного излучателя осуществляется расчет его диаграммы направленности:

- для излучателя типа симметричный вибратор с использованием отражающего проводящего экрана расчет диаграммы направленности производится по формуле (1):

$$F_1(\theta, \varphi) = \left(\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos(\theta)\right)}{\sin(\theta)} \right) \cdot \cos \left[\frac{1}{2} \cdot k \cdot 2 \cdot h \cdot \left(\sin(\theta) - \frac{\pi}{2 \cdot k \cdot h} \right) \right], \quad (1)$$

где, k – волновое число, λ – длина волны, h – расстояние от вибратора до экрана.

- для излучателя типа пирамидальный рупор расчет диаграммы направленности производим в двух плоскостях по формулам (2,3):

$$F_1(\theta, \varphi) = \frac{1 + \cos(\theta_1)}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot a_p}{\lambda} \cdot \sin(\theta_1)\right)}{\left(\frac{\pi \cdot a_p}{\lambda} \cdot \sin(\theta_1)\right)}, \quad (2)$$

где a_p – угол раскрыва рупора в плоскости Н

$$F_1(\theta, \varphi) = \frac{1 + \cos(\theta_1)}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b_p}{\lambda} \cdot \sin(\varphi_1)\right)}{\left(\frac{\pi \cdot b_p}{\lambda} \cdot \sin(\varphi_1)\right)^2}, \quad (3)$$

При запуске программы пользователю предоставляется возможность выбора типа одиночного излучателя и его характеристики, далее в зависимости от выбранного типа излучателя задаются параметры ФАР, определяющие структуру, после чего определяются параметры визуализации результатов расчета диаграммы направленности ФАР.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК.

Пример результата расчета диаграммы направленности фазированной антенной решетки, состоящей из одиночных излучателей – спиральная антенна представлены на рис. 2.

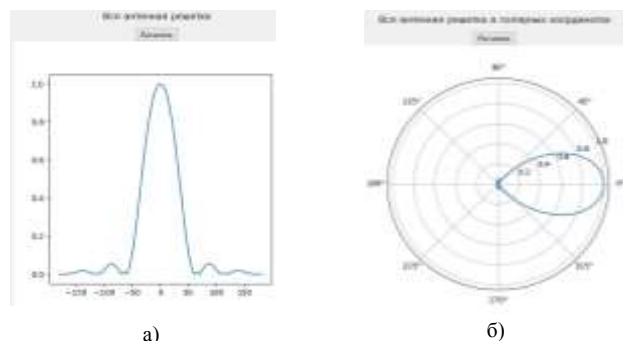


Рис. 2. Пример расчета диаграммы направленности а) диаграмма направленности в декартовой системе координат, б) диаграмма направленности в полярной системе координат

Правильность полученных результатов расчета диаграммы направленности ФАР подтверждается результатами расчетов при тех же исходных данных, полученных с помощью пакета Antenna Toolbox в среде разработки MATLAB.

V. ВЫВОДЫ

Таким образом программно-реализованная модель, позволяет провести расчеты диаграмм направленности фазированных антенных решеток, одиночные излучатели которой имеют вид: спиральной антенны, пирамидального рупора, симметричного вибратора. Дальнейшими направлениями совершенствования разработанной программы является расширение номенклатуры типов одиночных излучателей и использование эквидистантных гексагональных и неэквидистантных структур фазированных антенных решеток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Невзоров В.И., Савочкин П.В., Бакурский К.В. Антенные решетки. СПб.:ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. 10 с.
- [2] Воскресенский Д.И. Антенны и устройства СВЧ. Москва: Высшая школа, 1994.34с.