000 «Резонанс»

Программное обеспечение для расчета диаграмм направленности ФАР

Представлена новая версия программного обеспечения для расчета диаграмм направленности (ДН) фазированных антенных решеток (ФАР). Пользователь имеет возможность выбирать тип и форму излучателя из изотропного, полуволнового диполя или задавать размеры печатного элемента. Основная особенность программы Fazar 5.0 состоит в наличии возможности расчета характеристик гексагональной решетки.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, диаграмма направленности, программное обеспечение, гексагональная решетка

В 1989 году была выпущена первая версия программы Fazar для персонального компьютера. Программа, одна из первых, свободно распространяемых в мире, позволяла рассчитывать диаграмму направленности печатной ФАР с количеством элементов до 10 тысяч. В настоящее время существует множество сложных пакетов для трехмерного электродинамического моделирования, однако, задание модели и расчет в таком пакете занимает большое количество времени. Программа Fazar 5.0 с простым интерфейсом рассчитывает характеристики АР из 100х100 излучателей за 2 минуты. Программа представляет собой приложение для ОС Windows.

Постановка задачи

Необходимо рассчитать ДН ФАР со следующими входными данными:

- рабочая частота;
- шаг решетки (расположение излучателей);
- форма решетки;
- вид излучателя;
- направление главного луча;
- амплитудное распределение (задается по двум осям независимо).

Также пользователь должен иметь возможность задавать для расчета ДН решетку произвольной формы с произвольным токовым распределением.

Расчет производится по формуле перемножения диаграмм, то есть множитель решетки, определяющийся токовым распределением, умножается на ДН излучателя [1].

$$\vec{F}(\vartheta,\varphi) = \vec{F}_{\vartheta,\pi}(\vartheta,\varphi) f_{\Sigma}(\vartheta,\varphi)$$
$$f_{\Sigma}(\vartheta,\varphi) = \sum_{n,m} A_{nm} e^{i(\phi_{mn} + \phi_{0mn})}$$

Где A_{nm} - амплитуда тока элемента решетки, ϕ_{0mn} - направление луча ФАР, ϕ_{mn} - пространственный фазовый сдвиг для направления в точку наблюдения.

Направление луча задается в сферических координатах (рис.1).



Рисунок 1. Сферическая система координат

При разработке ФАР или активной ФАР одним из важнейших вопросов является определение максимальных размеров одного канала такой антенны. Размеры одного канала жестко ограничены шагом между соседними излучателями, определяемым длиной волны. В диапазоне СВЧ малые размеры канала накладывают ограничения на применяемую элементную базу. В целях расширения канала можно изменить расположение излучателей с классического прямоугольного на гексагональное (рис.2).



Рисунок 2. Гексагональная сетка расположения излучателей

Таким образом, максимально возможный шаг АР может быть увеличен в соответствии с формулой [2,3,4]:

$$d = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\lambda}{1 + \sin\vartheta_{max}}$$

 ϑ_{max} – максимальный угол отклонения главного луча от нормали.

Описание работы программы

| Open 🔡 Save Data 🔍 Info | | | | |
|---|---|--|---|----------|
| Input Data | Current Distribution | Results | | |
| requency, GHz 1,00 Vavelength, mm 300 Number of radiators: X 1 2 Step of the array on: X, mm 150,000 2 Radiator type e isotropic C half-wave dipole C arbitrary form | Y 1 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 | nplitude Amplitude distribution X uniform cosine cosine^2 squared redestal $0,20$ eam direction θ° $0,0$ p° | Amplitude distribution \circ uniform \circ cosine \circ squared \checkmark Pedestal 0.20 Accuracy $d\phi^{\circ}$ 0.5 | n Y |
| 1,0000 | - | Started at | Finished at | <u>.</u> |
| Size of the radiator on: | (mm 10.0000 11/ | | | |

Вид окна ввода данных представлен на рисунке 3.

Рисунок 3. Окно ввода данных Fazar 5.0

Окно разделено на несколько отдельных блоков. Левая часть определяет параметры решетки, в правой можно задать токовое распределение и параметры расчета распределения. При задании рабочей частоты, длина волны рассчитывается автоматически. Пользователь имеет возможность выбора типа излучателя. Полуволновый диполь – горизонтально расположенный над проводящей поверхностью вибратор с точкой возбуждения в центре. ДН такого диполя соответствует формуле [5]:

$$D(\vartheta,\varphi) = \frac{\cos(\frac{\pi}{2}\cos\vartheta\cos\varphi)}{\sqrt{1-\cos\vartheta^2\cos\varphi^2}} \times 2\sin(2\pi\frac{h}{\lambda}\sin\vartheta)$$

В приведенной формуле *h* - расстояние до экрана. В случае отсутствия идеальной проводящей поверхности, второй множитель принимается равным единице. При выборе излучателя произвольной формы пользователю необходимо задать размеры печатного прямоугольного элемента по X и У осям, а также расстояние до проводящего экрана, если необходимо.

Амплитудное распределение задается раздельно X и У осям. Результирующее распределение высчитывается их перемножением. При задании круглой решетки крайние элементы исключаются из расчета.

Все заданные значения можно сохранить в текстовом формате, и впоследствии загрузить сохраненные параметры или изменить их, получив, таким образом, решетку произвольной формы с произвольным амплитудным и фазовым распределением.

Окно «токовое распределение» содержит таблицу с координатами элементов и токовое распределение.

На вкладке результаты представлены ДН в 3 плоскостях – в плоскости луча, на X оси и У оси. Также программа выводит значения коэффициента направленного действия и ширину главного луча. Ширина главного луча рассчитывается с повышенной точностью с помощью интерполяционной формулы Лагранжа [6].



Рисунок 4. Окно с результатами расчета

Заключение

Программа Fazar 5.0 является удобным средством для быстрого представления ДН ФАР большого размера. Может быть полезна инженерам для предварительных расчетов, а также студентам для курсового и дипломного проектирования.

Библиографический список

- 1. Вендик О.Г., Парнес М.Д. /Антенны с электрическим сканированием. Введение в теорию/ Б.И.-2001г-252c
- 2. Сазонов Д.М. /Антенны и Устройства СВЧ /М- Высшая школа 432с.
- 3. Воскресенский Д.И. /Проектирование фазированных антенных решеток/М.2003г
- 4. John L Volakis, Richard C Johnson , Henry Jasik /Antenna Engineering handbook/ McGraw-Hill Companies, New York, NY, 06/2007, 1800 pages, English
- 5. Мейнке Х., Гундлах Ф.В. /Радиотехнический справочник, том 1/М.-Государственное энергетическое издательство 417с.
- 6. Андре Анго /Математика для Электро- и Радиоинженеров/М.-Наука, 1964г-772с.