

А.А. НЕРСЕСЯН, М.В. МАРКОСЯН, А.С. САРГСЯН

**РАЗРАБОТКА ПАКЕТА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ  
РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ  
ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН В ЗОНЕ ИХ РАСКРЫВА**

Разработан пакет программ обработки результатов, полученных при измерении параметров антенн в зоне раскрыва, в частности, трехмерная диаграмма направленности антенны, уровень боковых лепестков, коэффициент усиления.

**Ключевые слова:** зона раскрыва, ближняя зона, диаграмма направленности, амплитудно-фазовое распределение.

Отличительными особенностями антенных измерений являются высокие требования к их точности и метрологическому обеспечению, к быстройдействию и автоматизации процесса измерений. Кроме того, постоянно растут потребности в расширении динамических диапазонов измерительной аппаратуры, увеличении частотных диапазонов и угловых секторов измерений диаграмм направленности (ДН) и других параметров [1,2].

Успешное решение указанных вопросов связано с созданием новых методов и комплексов автоматической измерительной аппаратуры. К ним относятся методы и средства измерений в зоне раскрыва пространственных антенн [1], получившие за последние десятилетия широкое применение вследствие их высокой эффективности.

В литературе [1], в основном, описываются методы получения ДН антенны в двух главных плоскостях: Е и Н. Это объясняется сложностями, связанными с обработкой больших массивов данных, представленных в виде матриц, которые в результате обработки преобразовываются в соответствующие векторы по направлениям двух главных плоскостей.

Известные программные средства реализовывают вышеприведенные подходы.

Настоящая статья посвящена представлению разработанной программы, позволяющей определить характеристики антенн на основе измерений по полю в зоне их раскрыва, в том числе получить ДН антенн в трехмерном пространстве.

Исходя из понятий зоны раскрыва [1], ее условными границами являются

расстояния от антенны, равные соответственно  $\frac{\lambda}{2} \dots 0,6D\sqrt{\frac{D}{\lambda}}$ , где  $\lambda$  - длина

волны,  $D$  - диаметр (размер) раскрыва антенны.

Как показано в [1], получение ДН и других характеристик антенн методами измерений поля в зоне раскрыва имеет ряд очевидных преимуществ по сравнению с методами измерений в других зонах (дальняя зона и зона Френеля).

В совокупности общая эффективность метода измерений в зоне раскрыва выше на 2...3 порядка, в чем и заключается вся его привлекательность.

Данный метод имеет следующие недостатки:

- требуется более сложная дорогостоящая аппаратура;
- требуется более сложная обработка результатов.

Сложность обработки результатов заключается в необходимости проведения интегральных преобразований или расчета двойных сумм [1].

Современные пакеты программ моделирования, такие как, например, MATLAB [3], позволяют упростить представление расчетных формул, ускорить процесс их расчетов и графическое представление результатов, в частности, в трехмерном пространстве.

Предлагаемый пакет программ на базе MATLAB позволяет рассчитывать ДН антенны, обрабатывать результаты измерения антенны в зоне раскрыва (амплитудно-фазовое распределение - АФР) и представлять ее в трехмерном пространстве.

АФР представляет собой таблицу, в которой указаны значения амплитуд и фаз в каждой измеренной точке раскрыва антенны. Для того чтобы получить ДН антенны, измеренной в зоне раскрыва, необходимо в программу ввести только таблицу амплитуд и фаз. Время расчета не зависит от количества элементов в таблице (точек измерения), но зависит от компьютера, на котором ведется расчет. Расчет ДН антенны ведется по формуле [1]

$$E(x, y) = \left( \frac{1}{\sqrt{M \times N}} \right) \times \sum_{X_s=0}^M \sum_{Y_s=0}^N U(X_s, Y_s) \times \exp(-2\pi j(X \times X_s + Y \times Y_s)), \quad (1)$$

где  $M, N$  - число элементов в строке и в столбце соответственно;

$X = (\sin\theta \times \cos\varphi) / \lambda$ ,  $Y = (\sin\theta \times \sin\varphi) / \lambda$  - пространственные частоты;  $\theta, \varphi$  - углы

сферической системы координат;  $\lambda$  – длина волны;  $X_s, Y_s$  – координаты точки в

плоскости измерений;  $U(X_s, Y_s)$  – значение радиоголограммы для каждой точки на

плоскости измерений.

Имеются две матрицы: фаз и амплитуд, которые заполняются результатами измерений автоматически. Размеры матриц задаются пользователем исходя из требуемого количества измеряемых точек.

Предположим, что  $M=10$ ,  $N=40$ . Будем считать, что амплитудное распределение имеет вид параболы на пьедестале (спадающий по краям). После того, как создадим матрицы распределений, можно рассчитать ДН антенны. ДН антенны в трехмерном изображении показана на рис. 1.

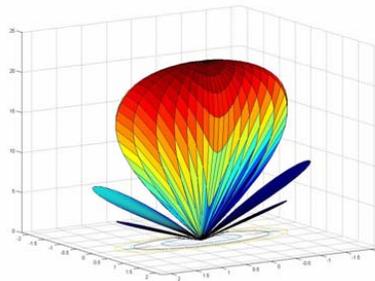


Рис. 1. Трехмерная ДН антенны

Программа позволяет поворачивать ДН антенны под любым углом. Кроме того, при необходимости, можно построить ДН антенны в двумерном изображении и в плоскости Н, и в плоскости Е (рис. 2 и 3 соответственно).

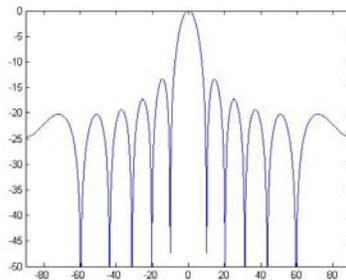


Рис. 2. ДН антенны в плоскости Н

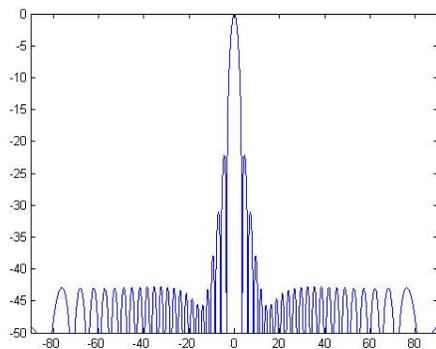


Рис. 3. ДН антенны в плоскости E

Программы, выполняемые на ПК Core 2 Quad Q9300 2.5GHz с оперативной памятью 4GHz, производят все необходимые расчеты за 6 с. В случае известных до сих пор измерительных комплексов третьего поколения, разработанных в Научно-исследовательском институте радиофизики (НИИР) для измерения параметров антенн в ближней зоне, время обработки результатов зависит от количества измеренных точек. Предлагаемая модель обработки результатов измерений антенн в ближней зоне имеет ощутимое преимущество в быстродействии, поскольку время обработки результатов не зависит от количества точек, измеренных в ближней зоне. Это обеспечивается проведением вычислений во время измерения. Для сравнения, обработка результатов 360000 измеренных точек занимает около 5 мин на измерительном комплексе третьего поколения.

Так как скорость расчетов приемлема, программа позволяет произвести обработку результатов измерения для больших антенн, при этом время расчета будет неизменным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Չերուկի Պ.Ս.** Բացվածքի գոտում անտենային բնութագրերի ավտոմատ չափումներ.- Երևան, 2010. – С 3-31
2. **Бахрах Л.Д., Геруни П.М., Курочкин А.П., Арутюнян Д.С.** Оптическое моделирование диаграмм направленности антенн по радиоголограмме поля в их раскрыве // Антенны.- М.: Связь, 1972. – N 14. – С. 25-34.
3. <http://www.mathworks.com/>

Եր.НИИ средств связи. Материал поступил в редакцию 12.03.2011.

**Հ.Ա. ՆԵՐՍԵՍՅԱՆ, Մ.Վ. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ, Ա.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ**

### **ԲԱՑՎԱԾՔԻ ԳՈՏՈՒՄ ԱՆՏԵՆԱՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԶԱՓՈՒՄԻՑ ՍՏԱՑՎԱԾ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՓԱԹԵԹԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄ**

Ներկայացված է մերձակա գոտում անտենաների պարամետրերի չափումից ստացված արդյունքների մշակման ծրագրային փաթեթ, մասնավորապես՝ անտենայի եռաչափ ուղղվածության դիագրամը, կողային թերթիկների մակարդակը, ուժեղացման գործակիցը:

**Առանցքային բառեր.** բացվածքի գոտի, մերձակա գոտի, ուղղվածության դիագրամ, ամպլիտուդափուլային բաշխվածություն:

**H.A. NERSESYAN, M.V. MARKOSYAN, A.S. SARGSYAN**

### **DESIGN OF PROGRAM PACKAGE ON DEVELOPMENT OF RESULTS OBTAINED IN ANTENNA PARAMETER MEASUREMENT IN APERTURE ZONE**

The program package on development of results obtained in antenna parameters measurement in aperture zone is presented. Particularly, 3D antenna directional pattern, the side lobe level and gain coefficient are obtained.

**Keywords:** aperture zone, near field, directional pattern, amplitude-phase distribution.