

ЦИФРОВЫЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ МНОГОЛУЧЕВЫЕ ФАР

Лу Гомин, П.Н. Захаров, А.П. Сухоруков

¹*Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет*

luguoming.hit@gmail.com, zakharov1@mail.ru, apsmsu@gmail.com

В работе исследовалась задача максимизации ширины полосы многолучевых ФАР при микрополосковой реализации и методы подавления боковых дифракционных лепестков. При помощи численного электромагнитного моделирования исследованы свойства цифровой решетки 4×4 при формировании нескольких лучей в удаленном поле излучения.

В современных системах беспроводной связи часто используется разнонаправленный прием и передача (MIMO), что позволяет существенно увеличить пропускную способность. Многолучевые фазированные антенные решетки [1,2] – один из многих способов организации MIMO-канала. Такие решетки могут быть построены по цифровой или аналоговой [3] архитектуре. В цифровых многолучевых ФАР [4] сигнал для каждого элемента решетки обрабатывается независимо в цифровом виде, формирование диаграммы направленности осуществляется программным способом.

Исследования проводились при помощи моделирования в программном пакете CST Microwave Studio, использующем численное решение уравнений Максвелла в интегральной форме [5].

Ширина полосы микрополосковой антенны зависит от многих факторов, основными из которых являются геометрическая форма, диэлектрическая проницаемость и толщина диэлектрика, место расположения точки питания. При моделировании использовались следующие параметры: центральная частота 7 ГГц, материал диэлектрика Arlon AD255, $\epsilon=2.55$, $h=2.032$ мм, толщина меди 18 мкм.

Моделирование показало, что среди исследованных форм антенных элементов наиболее широкую полосу (22%) обеспечил элемент в форме квадрата со скруглением. Для подавления боковых лепестков диаграммы направленности (дифракционных максимумов) в работе были использованы следующие способы: а) расположение элементов ФАР на расстояниях, меньших $\lambda/2$; б) неэквидистантное расположение элементов; в) неравномерное распределение токов по элементам; г) использование остронаправленных элементов. Моделирование решеток 4×1 и 6×1 при угле излучения (приема) основного луча 30° показало, что для способов (а) и (б) уровень боковых лепестков составил -11.0 дБ и -12.8 дБ соответственно; для способа (в) -17.6 дБ.

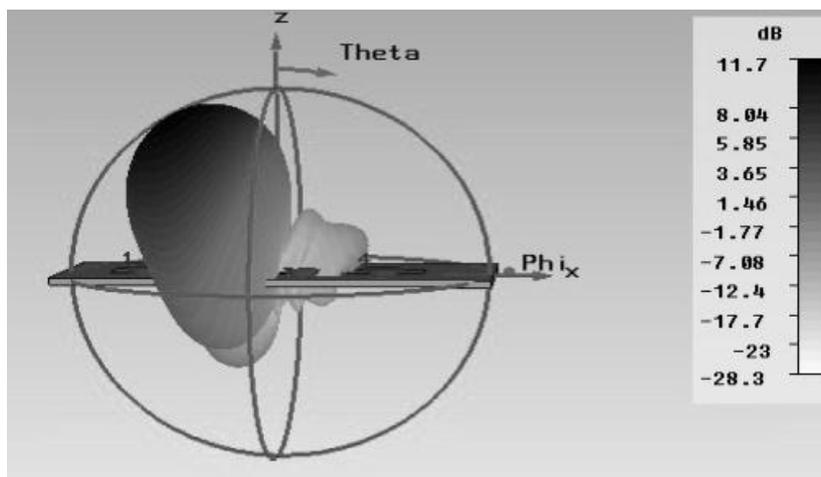


Рис. 1. Диаграмма направленности решетки 4x1 с Чебышевским распределением токов по элементам

Результаты, описанные выше, позволили выбрать элемент для многолучевой решетки в форме квадрата со скруглением и Чебышевское распределение токов по элементам с целью обеспечения наиболее широкой полосы и наименьшего уровня боковых лепестков. Были созданы модели многолучевых решеток 4x1, 6x1, 4x4, 6x6. Для получения нескольких лучей каждый элемент возбуждался суперпозицией сигналов. Каждому из лучей в данной суперпозиции соответствовал отдельный сигнал. Распределение амплитуд и сдвигов фаз сигналов, соответствующих отдельному лучу, по элементам ФАР было таковым, чтобы обеспечить формирование луча в заданном направлении с минимальным уровнем боковых лепестков. В соответствии с принципом суперпозиции направления лучей можно изменять независимо, что подтверждалось при моделировании.

На рис. 2 представлена полученная диаграмма направленности линейной решетки 4x4 при излучении трех лучей под углами (-45;0) (45;45) (30;-15) градусов в трехмерном изображении.

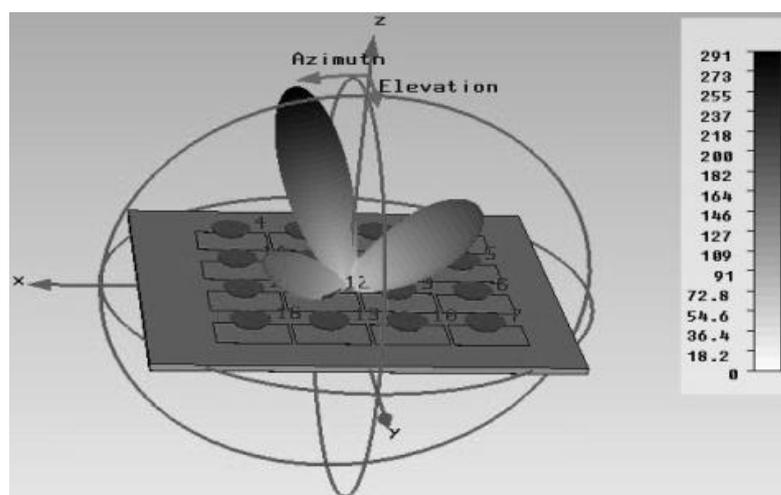


Рис. 2. Диаграмма направленности решетки 4x4 при излучении 3-х лучей в линейном масштабе

Наиболее широкую относительную полосу частот (22%) среди иссле-

дованных форм микрополосковых элементов обеспечил элемент в форме квадрата со скруглением. В качестве метода подавления боковых лепестков наилучший результат (-18дБ) обеспечило Чебышевское распределение токов по элементам; неэквидистантное распределение широкополосных элементов решеток 4×1 и 6×1 не давало существенного преимущества в подавлении боковых лепестков. Показана возможность независимого излучения (приема) нескольких лучей в широкополосной цифровой ФАР при малом уровне боковых лепестков; для излучения сигнала в нескольких направлениях каждый элемент ФАР возбуждался суперпозицией сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jensen Michael A., Wallace Jon W. "A Review of Antennas and Propagation for MIMO Wireless Communications," IEEE Transactions on antennas and propagation, vol. 52, pp. 2810–2812, №11. November, 2004.
2. Molisch Andreas F., Win Moe Z. Mimo systems with antenna selection, IEEE microwave magazine, pp. 47–48, march 2004.
3. Буянов Ю. И., Кошелев В. И., Швадленко П. Ф. Диаграммообразующая схема для сверхширокополосной антенной решетки // Известия высших учебных заведений. 2010. №9. С. 5–9.
4. Гениатулин К. А., Носов В. И. Планирование систем спутниковой связи с зональным обслуживанием // Вестник СибГУТИ. 2009. №4. С. 11–19.
5. Zakharov P.N., Dudov R.A., Mikhailov E.V., Korolev A.F., Sukhorukov A.P. "Finite Integration Technique Capabilities for Indoor Propagation Prediction," 2009 Loughborough Antennas & Propagation Conference (LAPC), pp. 369–372, 2009, Loughborough, UK.