



УДК 520.628

Д. А. Бабичев, В. А. Тупик  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Разработка и исследование микрополосковой антенны на основе фрактального подхода

*Рассматривается влияние геометрических факторов на характеристики излучения антенны. Предлагается фрактальный подход к созданию микрополосковых антенн. Выполняется расчет диаграммы направленности и компьютерное моделирование антенны, проводится сравнение и анализ результатов.*

### Фрактальная антенна, коэффициент стоячей волны по напряжению, компьютерное моделирование

В сегодняшнем мире беспроводных технологий системы передачи информации все больше нуждаются в компактных приемопередающих антеннах. К приемопередающим антеннам предъявляются следующие основные требования: малые габаритные размеры, требования к диаграмме направленности, поляризационные, частотные.

Малые габаритные размеры имеют микрополосковые антенны, которые в настоящее время широко применяются для обеспечения связи стандартов GSM, Wi-Fi, GPS, Wi-Max, ГЛОНАСС.

Требования к диаграмме направленности включают в себя обеспечение требуемой формы излучения антенны. В частности, для задания узконаправленной формы диаграммы направленности с высоким значением коэффициента усиления микрополосковые антенны объединяют в антенные решетки либо применяют антенну, содержащую несколько диэлектрических слоев.

Поляризационные требования выполняются введением щелей, усечением углов и использованием специальных настроечных шлейфов в излучателе микрополосковой антенны, а также выбором положения точки питания.

Частотные требования включают в себя обеспечение широкополосности, одновременной работы антенны в нескольких частотных диапазонах, применение многослойных антенн с несколькими из-

лучателями, введение щелей, закорачивающих штырей, вырезов, а также фрактальности в излучателе и смещение положения точки питания. Частотные требования также включают в себя возможность перестроения резонансных частот изменением геометрии микрополосковой антенны.

Введение фрактальности в излучатель микрополосковой антенны применяют для создания многодиапазонных антенн [1]. Преимуществом фрактального подхода является простой алгоритм формирования геометрии антенны [2].

Актуальным является создание антенн с высоким коэффициентом усиления, обладающих многодиапазонными свойствами и заданной поляризацией. В предлагаемом подходе данные характеристики определяются геометрическими параметрами антенны [3].

Микрополосковая антенна представлена на рис. 1, 2.

Микрополосковая антенна содержит коаксиальный питающий фидер 1, соединенный с центральным элементом 2, по углам которого расположены периферийные элементы 3, расположенные на диэлектрической подложке 4 с металлическим экраном 5 на противоположной стороне. Фидер смещен на расстояние  $1/6$  длины стороны излучателя от центра излучателя к краю [4].

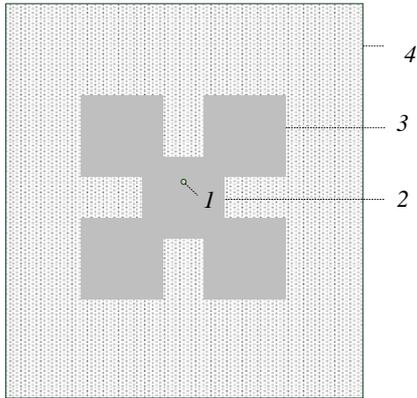


Рис. 1

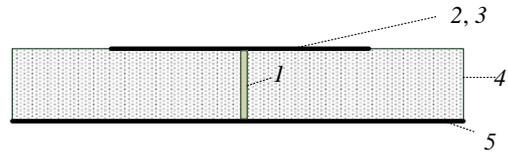


Рис. 2

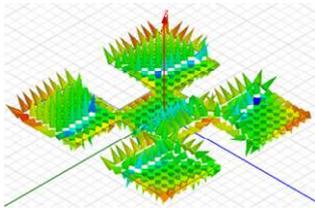


Рис. 3

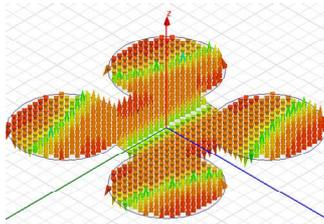


Рис. 4

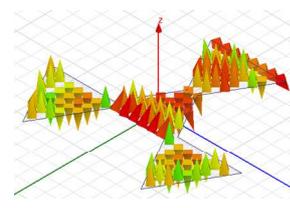


Рис. 5

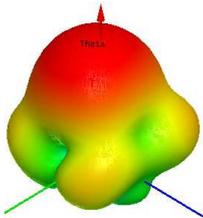


Рис. 6

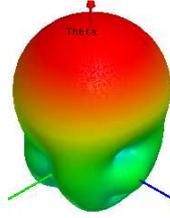


Рис. 7

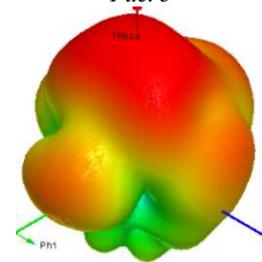


Рис. 8

Анализ характеристик излучения фрактальной антенны с различными формами генераторов фрактала: квадратной (рис. 3), круглой (рис. 4) и треугольной (рис. 5) выявил схожий набор характеристик излучения, в частности диаграмму направленности (рис. 6–8).

Приведенные диаграммы направленности демонстрируют увеличение коэффициента усиления микрополосковой антенны до 11 дБ.

Предложен способ расчета диаграммы направленности фрактальной антенны на основе расчета диаграммы направленности кольцевых антенных решеток. Четыре излучателя фрактальной антенны находятся на кольце с радиусом  $r = \frac{d}{\sqrt{2}}$ , центральный – в центре данного кольца (рис. 9).

Формула диаграммы направленности фрактальной антенны будет определяться как произведение множителя такой решетки на диаграмму направленности, создаваемую одним излучателем:

$$f(\theta, \varphi) = F_0(\theta, \varphi)F_p(\theta, \varphi). \quad (1)$$

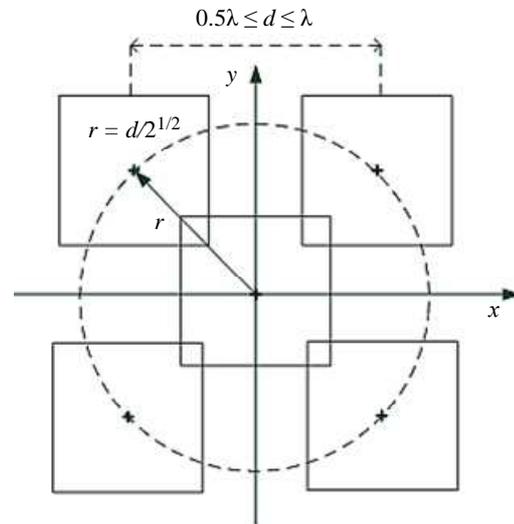


Рис. 9

При расстоянии между 4 внешними излучателями в диапазоне  $0.5\lambda < d < \lambda$  излучатели имеют электрическую связь через центральный излучатель.

Множитель кольцевой антенной решетки определяется следующим выражением:

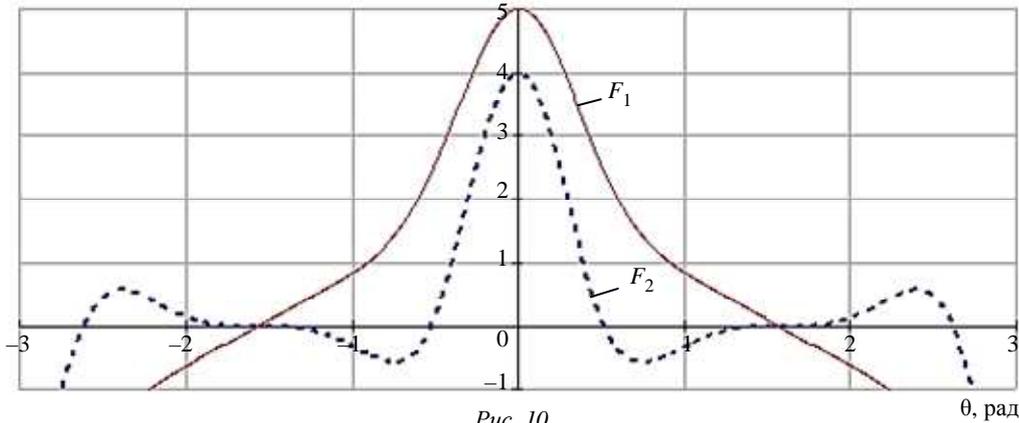


Рис. 10

$$F_p(\theta, \varphi) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \exp[jka_m(\sin \theta \cos(\varphi_n - \varphi) - \sin \theta_0 \cos(\varphi_n - \varphi))] \quad (2)$$

где  $M$  – число колец;  $N$  – число элементов в одном кольце;  $a_m$  – радиус  $m$ -го кольца;  $\varphi_n = \frac{2\pi}{N}(n-1)$ ,  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ,  $\theta_0$ ,  $\varphi_0$  – углы, определяющие направление главного лепестка.

Фрактальная антенна имеет в сравнении с аналогичной антенной решеткой  $2 \times 2$  увеличенный коэффициент усиления (рис. 10).

Диаграмма направленности фрактальной антенны, построенная с помощью предложенных формул, соответствует диаграмме направленности, полученной по результатам компьютерного моделирования (рис. 11).

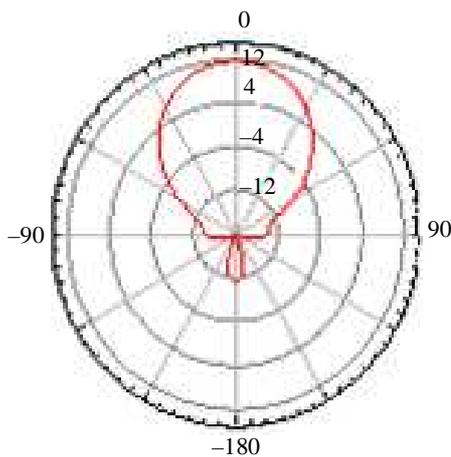


Рис. 11

Рассмотренные микрополосковые антенны являются фрактальными антеннами первой итерации. Периферийные элементы являются подобными центральному с заданным коэффициентом подобия, выражающимся отношением размера

периферийных элементов  $a$  к размеру центрального элемента  $a_0$ . Фрактальная антенна второй итерации показана на рис. 12.

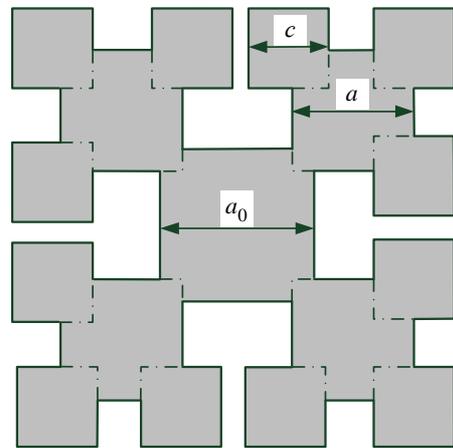


Рис. 12

Таким образом, к каждому периферийному элементу первой итерации добавляется по три периферийных элемента второй итерации. Общее количество периферийных элементов второй итерации – 12.

При увеличении этого соотношения периферийные элементы второй итерации пересекаются. Высокое значение коэффициента усиления при первой итерации достигается тем, что и периферийные, и центральный элементы кратны одной половине длине волны.

Увеличение количества итераций не увеличивает коэффициент усиления фрактальной антенны, так как в силу геометрических причин их размер на каждой итерации должен уменьшаться, что делает невозможным кратность периферийных элементов высших итераций половине длины волны.

Анализ полученных результатов показал следующее:

1) предложенный фрактальный подход для конструирования микрополосковых антенн на основе центрального (генератора фрактала) и че-

тырех периферийных элементов (с варьируемым коэффициентом подобия), расположенных по углам центрального элемента, выполненных в едином металлическом слое, обеспечивающем электрическую связь излучателей, на диэлектрической подложке с металлическим экраном позволяет создавать антенну с повышенным коэффициентом усиления;

2) результаты способа расчета диаграммы направленности фрактальной антенны на основе расчета диаграммы направленности кольцевых антенных решеток совпадают с результатами компьютерной модели антенны в программном пакете численного моделирования Ansoft HFSS.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабичев Д. А., Тупик В. А. Влияние протяженности границы излучения фрактальной микрополосковой антенны на ее характеристики. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.

2. Babichev D., Tupik V., Seluyanova A. Calculation of Antenna Based on the Fractal Skins // Proceeding of the 2014 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electric Engineering Conf.; St. Petersburg, Russia, Febr. 3-4, 2014. С. 99-103.

3. Бабичев Д. А., Тупик В. А. Моделирование формы фрактальной антенны на основе электромагнитного расчета характеристик прямоугольной микрополосковой антенны // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2009. № 10. С. 3-7.

4. Потапов А. А. Фракталы в радиофизике и радиолокации. М.: Логос, 2002. 664 с.

---

D. A. Babichev, V. A. Tupik  
*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

### INFLUENCE EXTENSION OF RADIATION BOUNDARY FRACTAL MICROSTRIP ANTENNA BY ITS CHARACTERISTICS

*It is considered influence geometric factors of the microstrip antenna on its emission characteristics. It is proposed fractal approach to creating microstrip patch antennas. It is executed calculation of radiation pattern and computer simulation, describing and analyzing results of modeling.*

**Fractal antenna, voltage standing wave ratio, computer simulation**

---