

## ФРАКТАЛЬНЫЕ АНТЕННЫ

Нарматов М. Т., Голомазов Е. Г.

КГТУ им. И. Раззакова

E-mail: narmatovmaga@gmail.com, E-mail: exodus\_09@mail.ru

*В данной статье рассматриваются особенности построения и принципы работы фрактальных антенн, области их применения и перспективы в будущем.*

*This article discusses the features of construction and operating principles of fractal antennas, their applications and future perspectives.*

На сегодняшний день, в мире существует великое множество различных видов антенн, в зависимости от назначения и области применения они имеют различную конструкцию. Еще в 50-х годах прошлого века с развитием ракетной техники и реактивных самолетов остро встала проблема уменьшения габаритов антенн. Сегодня микроэлектроника плотно вошла в повседневную жизнь людей, а миниатюризация средств спутниковой и мобильной связи сделала задачу интеграции малогабаритных антенн с другими системами в компактном корпусе стандартным требованием для разработчиков.

Тип антенн, о котором пойдет речь в этой статье, появился сравнительно недавно, и прин-

ципиально отличается от известных, стандартных и общепринятых решений. К тому же им пророчат большое будущее. Речь пойдет, о так называемых фрактальных антеннах, главное отличие которых в принципиально новой геометрии контура антенны. Инженерные исполнения традиционных принимающих антенн опираются на евклидовую геометрию с объектами типа круг, эллипс, прямая, обладающими целочисленной размерностью.

**Фрактальная антенна** – это антенна, активная часть которой имеет вид самоподобной кривой или какой либо другой подобно делящейся или состоящей из подобных сегментов фигуры.

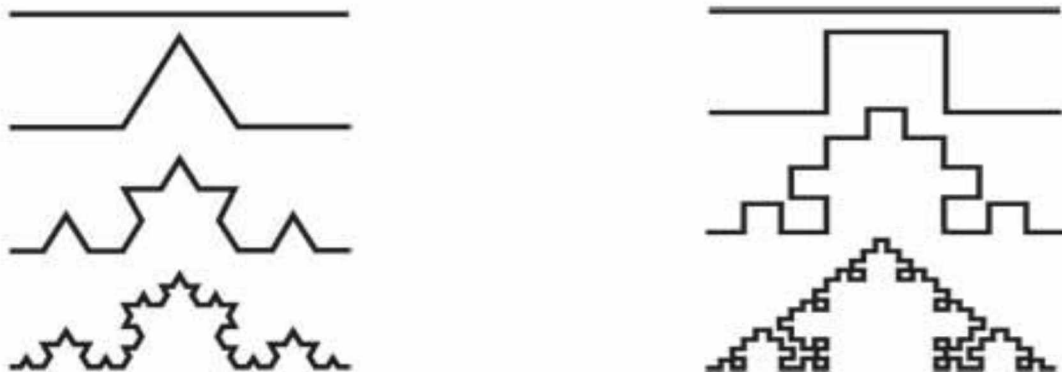


Рис.1

Фрактальные антенны — относительно новый класс электрически малых антенн (ЭМА), принципиально отличающийся своей геометрией от известных решений. По сути, традиционная эволюция антенн базировалась на евклидовой геометрии, оперирующей объектами целочисленной размерности (линия, круг, эллипс, парабола и т. п.).

Фрактал — от латинского: Fractus – сломанный, разбитый. Получить фрактал можно разделив фигуру на всё более мелкие объекты, деление может осуществляться бесконечно. Таким образом, любая из полученных фигур будет делиться на подобные, и в свою очередь являться частью такой же фигуры.

Главное отличие фрактальных геометрических форм — их дробная размерность, что внешне проявляется в рекурсивном повторении в возрастающем либо уменьшаемом масштабах исходных детерминированных или случайных шаблонов (рис.1). Фрактальная геометрия оказалась незаменимой при построении масштабных компьютерных моделей с неоднородной фактурой объектов, таких как природные ландшафты и привела к настоящему прорыву в технологиях средств фильтрации сигналов и сжатия изображений.

Вполне естественно, что фрактальная «мода» не обошла стороной и теорию антенн. Тем более, что прообразом современных фрактальных технологий в антенной технике явились предложенные в середине 60-х годов прошлого века логопериодические и спиральные конструкции. Правда, в строгом математическом смысле такие конструкции на момент разработки не имели отношения к фрактальной геометрии, являясь, по сути, лишь фракталами первого рода. Сейчас исследователи, в основном методом проб и ошибок, пытаются использовать известные в геометрии фракталы в антенных решениях.

В результате имитационного моделирования и экспериментов установлено, что фрактальные антенны позволяют получить практически тот же коэффициент усиления, что и обычные, но при меньших габаритах, что важно для мобильных приложений.

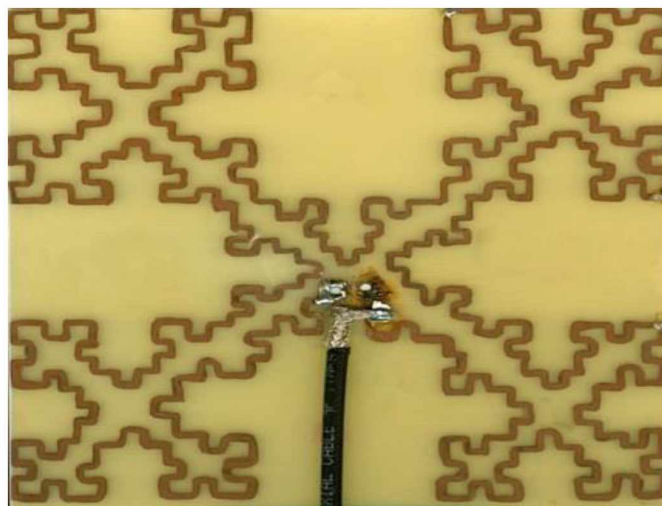


Рис.2

Компактность фрактальной антенны с сохранением ее принимающих параметров на практике достигается за счет максимально эффективного заполнения плоскости путем деления линии антенны на так называемые кривые формы, из отдельных сегментов которой выводятся новые кривые и так до заполнения всей плоскости. В известной мере именно такие устройства сделали возможным появление современных мобильных телефонов с их миниатюрными размерами и без торчащих из корпуса «рогов» антенны.

Первые публикации по электродинамике фрактальных структур относятся к 80-м годам прошлого века. В публикациях по истории фрактальных антенн обычно упоминается работа ученых Университета штата Пенсильвания Я.Кима и Д.Джагарда (Y.Kim and D.L.Jaggard). Первенство в теоретических исследованиях возможности применения фрактальных форм для формирования многополосных по частоте антенн приписывают ученому Технологического университета Каталонии К.Пуенте (C.Puente).

Использование фракталов при проектировании антенных устройств впервые применил радиоинженер, а ныне главный технический инспектор фирмы «Fractal Antenna Systems», Н. Коэн, из г. Бостона (США), где запрещена установка на зданиях внешних выступающих ТВ антенн. Н. Коэн вырезал из листа фольгированного диэлектрика плоскую фигуру фрактала и разместил эту невыступающую конструкцию снаружи на стене здания, а затем присоединил кабелем к телевизору (рис.2). Оказалось, что такая антенна работает не хуже обычной вибраторной, но более широкополосная и имеет меньшие размеры. И хотя физические принципы работы таких антенн до сих пор полностью не изучены, это не помешало ряду фирм в США и Европе наладить их серийный выпуск. В Европе больших успехов в разработке теории и выпуске образцов фрактальных антенн достигла фирма Fractus SA.

Важно отметить положительные стороны фрактальных антенн. Самым главным достоинством таких антенн является их малые габариты, при том что они имеют те же характеристики, что и обычные антенны. Для мобильных средств связи с частотной несущей 2.4 Гц габариты такой антенны в печатном исполнении составляют 12.33x10.16 (A/10), полоса пропускания- 20%, а КПД может составлять 93%.

Причиной ухудшения работы антенн-взаимное влияние печатных элементов. Эффек-

тивными считаются только первые 5-6 интерраций: чтоб сгибать провод дальше придется уменьшить его диаметр, а это повисит сопротивление антенны и приведет к потере усиления.

Дальнейшие исследования в этой области привели к широкому практическому использованию фрактальных антенн в мобильных устройствах. Их компактность и широкополосные свойства сделали их незаменимыми в беспроводной связи, в Bluetooth, Wi-Fi и GSM стандартах. Таким образом, в одном гаджете, например, в мо-

бильном телефоне, смартфоне, КПК, удалось разместить все эти устройства (рис.3). Многие микроволновые устройства тоже используют фрактальные антенны. Отличная работа фрактальных антенн в телевизионном диапазоне так же была отмечена. Отсутствием широкого применения фрактальной конструкции таких антенн в производстве, объясняется тем, что патентом на производство и внедрение фрактальных систем в антенной промышленности владеет весьма ограниченное количество компаний.

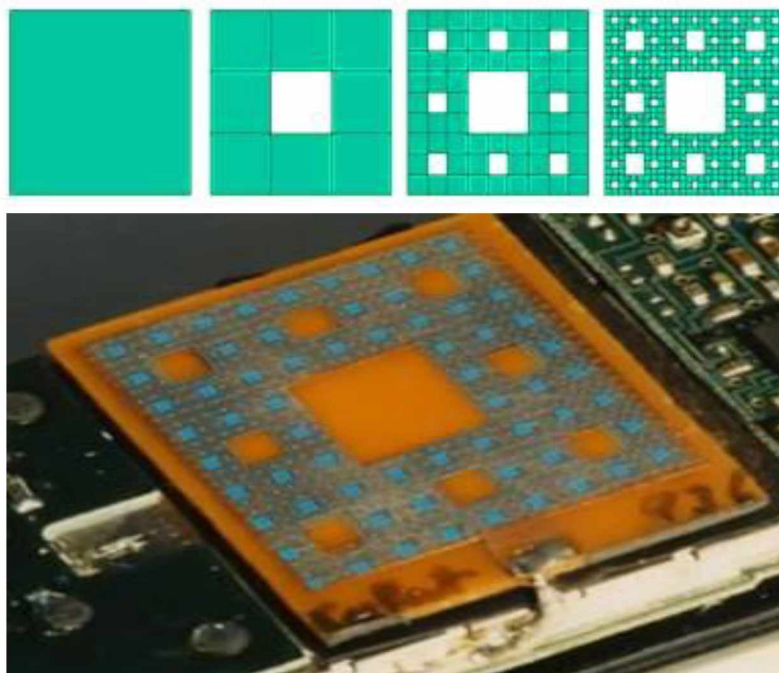


Рис.3

В настоящее время теория фрактальных антенн находится на этапе становления. В основном исследователи экспериментальным путем, методом проб и ошибок, пытаются применить известные в геометрии и алгебре фракталы к антенным конструкциям.

В ближайшем будущем фрактальное направление в построении антенн приведет к развитию и повсеместному внедрению этой технологии. Существует мнение, что исследования в этом направлении, математические расчеты для со-

вершенствования подобной фрактальной формы, неизбежно приблизят нас к конструкции идеальной антенны.

#### Литература

1. Kim Y. and Jaggard D.L. The Fractal Random Array.— Proc. of the IEEE, Sept. 1986, v.74, N 9, p.1278–1280.
2. 2.Федер Е. Фракталы. — М: «Мир», 1991
3. <http://www.electronics.ru>