

УДК 621.396.67

**ИССЛЕДОВАНИЯ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ
КРИВОЙ КОХА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ MMANA-GAL**

**RESEARCH OF DIRECTIVITY DIAGRAM OF FRACTAL ANTENNA OF KOCH CURVE
BASED ON THE MMANA-GAL MODEL**

©*Абдыраева Н. Р.*,

Ошский технологический университет им. акад. М. М. Адышева,

г. Ош, Кыргызстан, abdiraevanuripa@mail.ru

©*Abdyraeva N.*

Osh Technological University named by M. M. Adyshev

Osh, Kyrgyzstan, abdiraevanuripa@mail.ru

Аннотация. С развитием мобильной телекоммуникационной технологии рождается требование к антеннам, отвечающим модернизации «классической» антенны. Современные антенны должны иметь малый размер и при этом должны иметь хороший коэффициент усиления и сохранить свойство широкополосности.

В данной статье рассматриваются диаграммы направленности антенн, основанных на кривой Коха с тремя итерациями.

Abstract. With the development of mobile telecommunications technology are borns the new requirements for antennas responding to the modernization of the “classical” antenna. Modern antennas should be small in size and at the same time should have a good coefficient gain and preserve the broadband property.

This article are considered research of directivity diagram of Fractal antenna of Koch curve based on the model in managed.

Ключевые слова: фрактальная антенна, диаграмма направленности антенн, итерация, микрополосковая печатная антенна, коэффициент усиления, резонансная частота.

Keywords: fractal antenna, directivity diagram of antenna, iteration, microstrip printed antenna, antenna gain, resonant frequency.

Введение

Развитие мобильной телекоммуникационной технологии рождает спрос на разработку новой антенной системы, имеющий малый размер и обладающий хорошей широкополосностью и имеющий максимальный коэффициент усиления. К таким требованиям отвечает фрактальная антенна и является альтернативой при модернизации «классической» антенны.

Все антенны имеют не только фокусирования электромагнитной энергии в определенной области пространства и при этом имеет хорошее свойство направленности, а также присуще к ним специальные характеристики и параметры.

Антенны преобразуют электроэнергию в радиоволны в беспроводном устройстве, так как они могут отправит и принимать данные беспроводному спектру.

Диаграмма направленности (антенны) — графическое представление зависимости коэффициента усиления антенны или коэффициента направленного действия антенны от направления антенны в заданной плоскости [1].

В случае направленных антенн на диаграмме направленности можно выделить так называемые лепестки, то есть направления преимущественного излучения. Направление максимального излучения антенн называется главным направлением, а соответствующий ему лепесток — главным. Остальные лепестки являются боковыми, а лепесток излучения, ориентированный в сторону, обратную главному направлению, называется задним лепестком диаграммы направленности антенны. Направления, по которым антенна не принимает и не излучает, называются нулями диаграммы направленности.

Постановка задачи

В данной работе будем исследовать диаграмму направленности фрактальной антенны кривой Коха на основе модели в MMANA-GAL. Для моделирования фрактальной антенны был взят фрактал Коха.

Фракталы — это геометрические фигуры, которые рекурсивно повторяются согласно закону дробной размерности.

Фракталы Коха считаются подходящей структурой для микрополосковой печатной антенны (МПА), так как имеют разнообразную структуру.

Основное преимущество фрактальной антенны — это сокращение высоты диполя с увеличением порядка итерации.

В ходе работы представлена фрактальная антенна, имеющая итерацию $n=3$ замкнутого типа одинаковой длины фрактала равной 0,003 м, с периметром $L=0,192$ м и имеющие $n=64$ сегментов.

Резонансную частоту микрополосковой фрактальной антенны МПФА определяют условием:

$$L = 0,49 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{эф}}} \quad (1)$$

где λ — резонансная длина волны;

$\epsilon_{эф}$ — эффективная диэлектрическая проницаемость среды между МПФА и земляной плоскостью.

При параметрах L и $\epsilon_{эф}=2,2$ с помощью формулы (1) можно получить рабочую длину волны $\lambda=0,94$ для экспериментальной антенны.

Симметричную полуволновую диполь выбрали в качестве эталонной антенны, так как геометрические размеры и параметры этой антенны хорошо известны и использованы при сравнении с модулированной фрактальной антенной.

Сотовые компании Киргизской Республики работают на частоте 900 МГц, в связи с чем при моделировании нашей антенны использована это же частота.

По литературным данным известно [1], что в вибраторе точная резонансная длина намного меньше $\lambda/2$. Это связано с тем, что стоячие волны в вибраторе меняются при распределении в отличие от линии передачи, где не имеются потери на излучение. При уменьшении резонансной длины вибратора появляется индуктивная составляющая входного

сопротивления, которая уменьшается при укорочении вибратора примерно на 5% длины антенны.

По формуле (2) можно рассчитать резонансную длину полуволнового вибратора [1, с. 94]:

$$L \approx 0,95 \frac{\lambda}{2} = \frac{143}{f}, \quad (2)$$

где: L — длина в метрах,
 f — частота в мегагерцах.

При нашем моделировании частота (f) равно 900 МГц и при расчете получено $L \approx 143/900 \approx 0,1589$ м. При нашем опыте полуволновая диполь состоит из двух плеч, имеющих одинаковую длину $\lambda/4$ для определения резонансной частоты. Длину плеч рассчитываем по формуле $\lambda = c/f_T$, где c — скорость света.

Исследование диаграммы направленности антенны на основе кривой Коха

Известно, что фракталы самоподобны и это свойство позволяет уменьшать размер антенны. В настоящей работе проводится сравнение исследуемой фрактальной антенны и линейного диполя с $\lambda/4$ -плечами имеющую резонансную частоту 900 МГц.

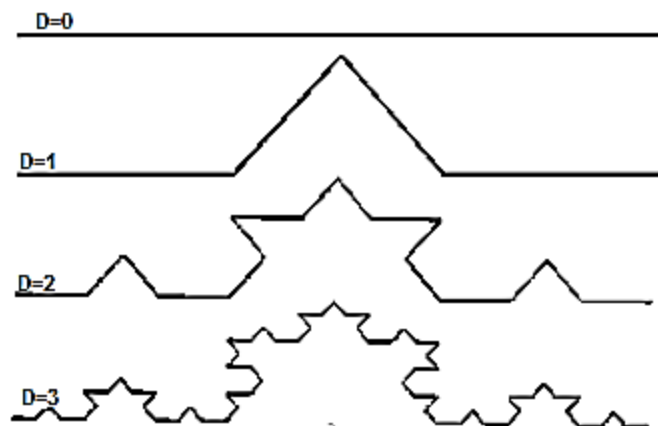


Рисунок 1. Кривая Коха с итерацией $n=3$

На Рисунке 1 изображены Кривая Коха с различными итерациями для подсчета фрактальной антенны. По нижеследующей формуле можно вычислить размерность D фрактала Коха:

$$D = \frac{\lg 4}{\lg [2(1 + \cos \Theta)]}. \quad (3)$$

Если стандартный угол изгиба кривой Коха равно $\Theta = 60^\circ$, то при расчете по формуле (3) получим $D = 1,262$.

По формуле (4) можно определить зависимость резонансной частоты диполя Коха f_k от следующих параметров:

- размерности фрактала D ;
- номера итерации n ;
- резонансной частоты прямолинейного диполя f_D .

$$f_k = f_D \left[1 - \frac{\ln D}{D} \cdot \exp \left(\frac{n-1}{n} \right) \right]. \quad (4)$$

Для Рисунка 1,б при $n = 1$ и $D = 1,262$ из формулы (4) получаем:

$$f_k = f_D \cdot 0,816, \quad f_k = 900 \text{ МГц} \cdot 0,816 = 734 \text{ МГц}. \quad (5)$$

Для Рисунка 1, в при $n = 2$ и $D = 1,262$ из формулы (4) получаем:

$$f_k = f_D \cdot 0,696, \quad f_k = 900 \text{ МГц} \cdot 0,696 = 626 \text{ МГц}. \quad (6)$$

Для Рисунка 1, г при $n=3$ и $D = 0,610$ из формулы (4) получаем:

$$f_k = f_D \cdot 0,610, \quad f_k = 900 \text{ МГц} \cdot 0,610 = 543 \text{ МГц}. \quad (7)$$

Используя формулы (5,6) и (7) можно решить и обратную задачу. Для получения прямолинейных диполей на следующих частотах мы должны использовать частоту $f_k = 900$ МГц, в фрактальных антеннах:

$$\text{для } n = 1 \quad f_D = f_k / 0,816 = 900 \text{ МГц} / 0,816 = 1102 \text{ МГц} \quad (8)$$





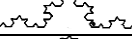
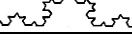
$$\text{для } n = 2 \quad f_D = f_k / 0,696 = 900 \text{ МГц} / 0,696 = 1293 \text{ МГц} \quad (9)$$

$$\text{для } n = 3 \quad f_D = f_k / 0,610 = 900 \text{ МГц} / 0,610 = 1476 \text{ МГц} \quad (10)$$

В Таблице 1 приведены полученные нами расчетные и экспериментальные данные, из которых видно, что значение теоретически рассчитанной частоты (f_T) отличается от экспериментальной ($f_Э$) не более чем на 4–9%.

Таблица 1.

СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ ФРАКТАЛЬНЫХ АНТЕНН,
 ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НА ОСНОВЕ КРИВОЙ КОХА

Вид антенны	Итерация n	Длина $\lambda/4$ -плеча, мм	f_T , МГц	$f_Э$, МГц
	1	78	734	767
	1	63,5	900	945
	2	78	626	658
	2	55	900	980
	3	78	543	580
	3	51	900	1020

Из полученных результатов видно, что с уменьшением размера фрактальной антенны и с увеличением итераций основанной на Кривой Коха изменяется резонансная частота фрактальной антенны с 767 МГц до 1020 МГц, а у линейного диполя с 734 до 900 МГц.

В этой статье диаграмма направленности фрактальной антенны определялась с использованием программы MMANA-GAL.

Шириной мы можем характеризовать диаграмму направленности антенн. Ширина диаграммы направленности — это угол, внутри которого коэффициент усиления уменьшается по отношению к максимальному не более чем на 3 дБ. Практически всегда коэффициент усиления и ширина диаграммы связаны между собой: чем больше усиление, тем уже диаграмма, и наоборот.

Из Рисунка 2-4 видно, что теоретические и экспериментальные данные диаграммы направленности антенн, рассматриваемые в вариантах 1-ой, 2-ой и 3-ей итерации отличаются. Это связано с допущенными погрешностями при измерении.

Допущенная погрешность при измерении для всех исследуемых антенн могут быть следующие:

- отсутствие строгой взаимной перпендикулярности между антенной и противовесами;
- не полное подавление излучения внешней оболочкой коаксиального кабеля;
- неточность отсчета угловых величин;
- помехи от сотовых телефонов.

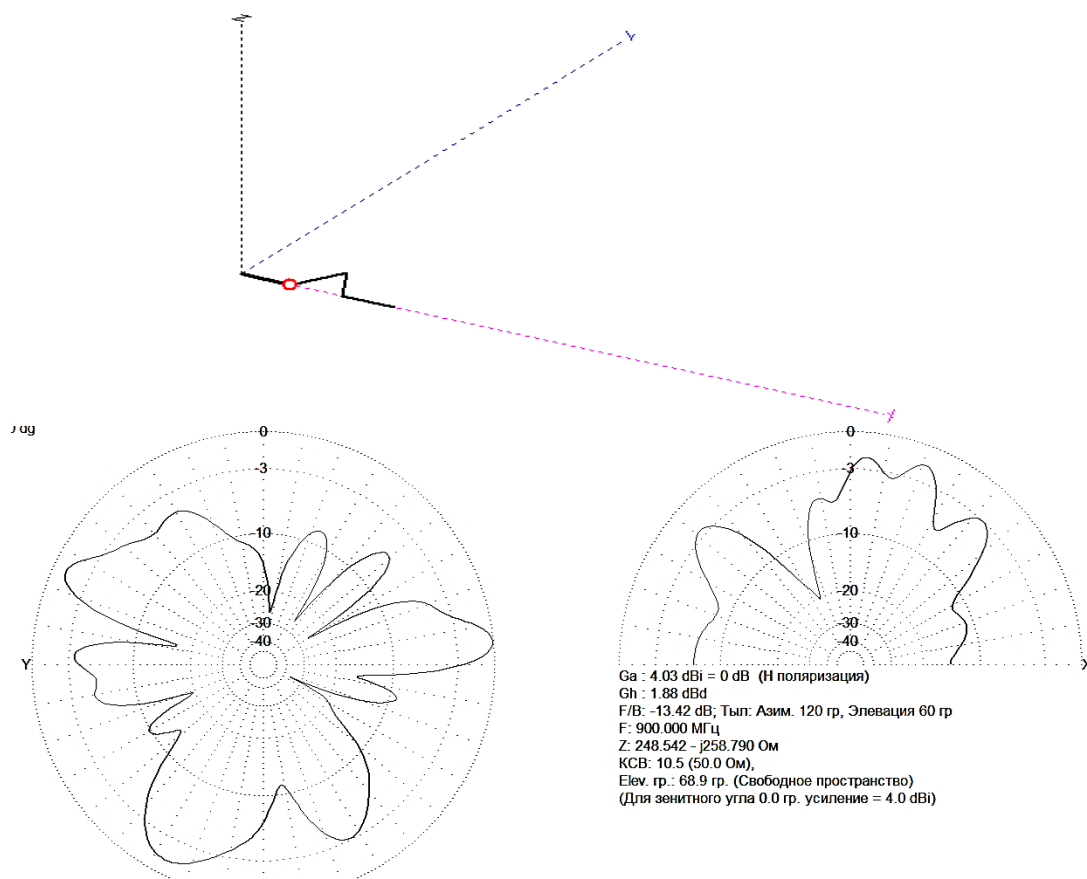


Рисунок 2. Диаграммы направленности вибратора с формой кривой Коха 1-ой итерации, $f = 900$ МГц

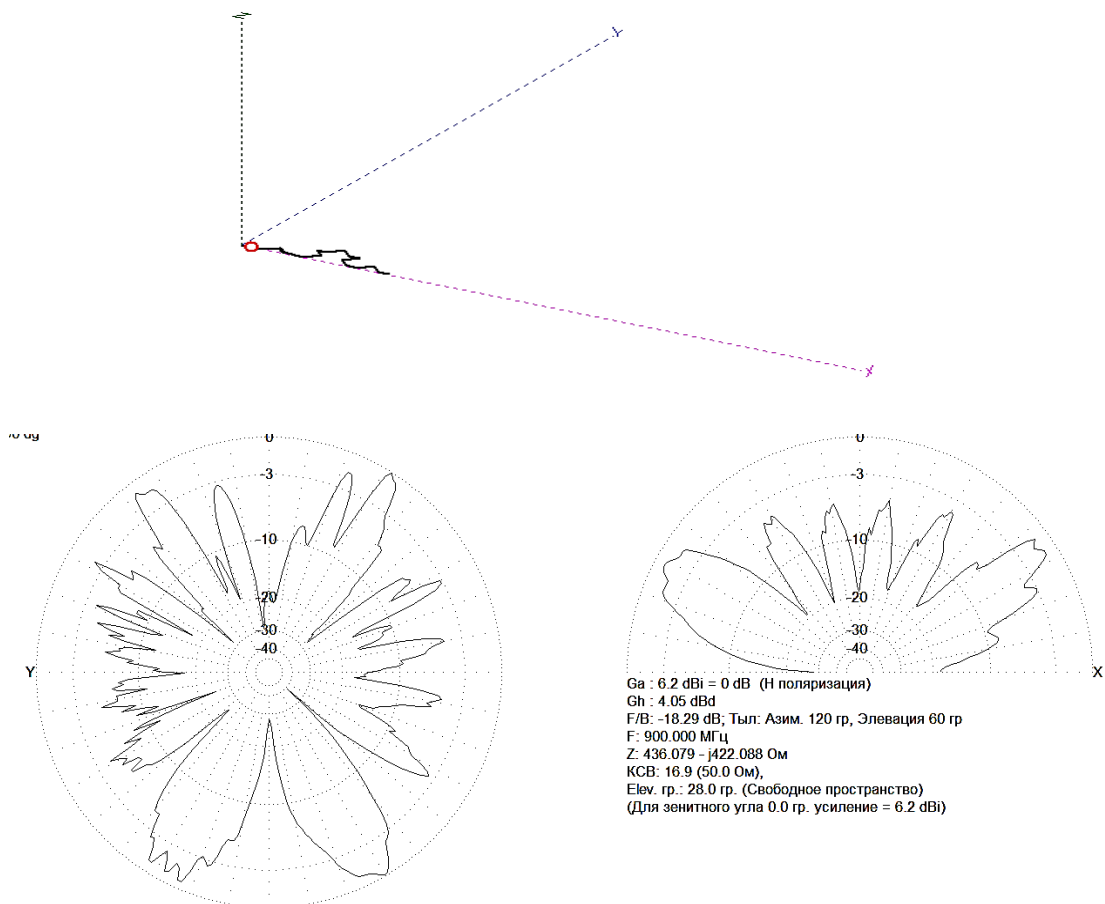


Рисунок 3. Диаграммы направленности вибратора с формой кривой Коха 2-й итерации, $f = 900$ МГц

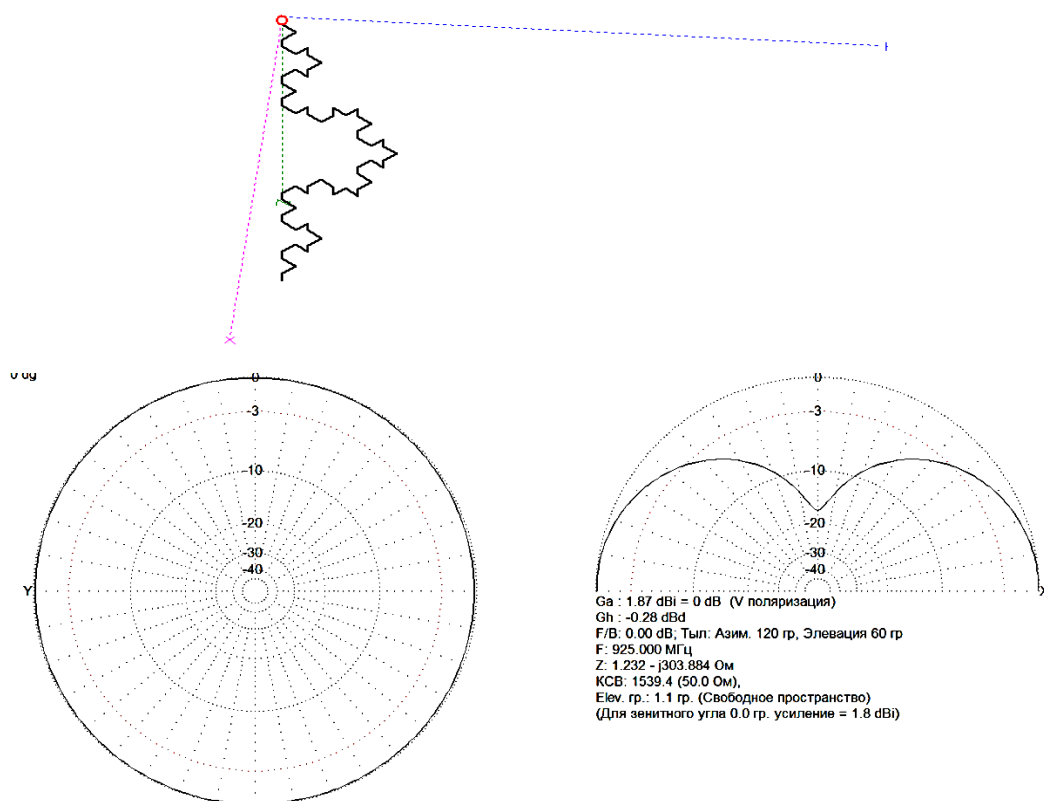


Рисунок 4. Диаграммы направленности вибратора с формой кривой Коха 3-ей итерации, $f = 900$ МГц

Выводы:

1. Изучены параметры антенн и их диаграммы направленности.
2. Проведены теоретические расчеты размеров и резонансных частот для фрактальных антенн.
3. Проведены моделирования кривой Коха с тремя итерациями на частоте 900 МГц в MMANA-GAL.

Результаты исследования показали, что с увеличением числа итерации можно увидеть изменение диаграммы направленности антенны, т.е. улучшение показателей КСВ.

Список литературы:

1. Нефедов Е. И. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. М.: Академия, 2009. 320 с.
2. Слюсар В. Фрактальные антенны: принципиально новый тип «ломаных» антенн. Режим доступа: <https://clck.ru/D8N3G> (дата обращения 20.02.2014).
3. Потапов А. А. Фрактальные элементы и радиосистемы: Физические аспекты. М.: Радиотехника, 2009. 200 с.
4. Воскресенский Д. И., Гостюхин В. Л., Максимов В. М., Пономарев Л. И. Устройства СВЧ и антенны. М.: Радиотехника, 2011. 235 с.
5. Потапов А. А., Черных В. А. Теория фракталов и скейлинг. М.: Физматлит, 2009. 820 с.

References:

1. Nefedov, E. I. (2009). Antenna-feeder devices and propagation of radio waves. Moscow: *Academy*, 320
2. Slyusar, V. Fractal antennas: a fundamentally new type of "broken" antennas. Access mode: <https://clck.ru/D8N3G> (circulation date 20.02.2014).
3. Potapov, A. A. (2009). Fractal elements and radio systems: Physical aspects. Moscow: *Radio Engineering*, 200
4. Voskresenskii, D. I., Gostyukhin, V. L., Maksimov, V. M., & Ponomarev, L. I. (2011). Microwave devices and antennas. Moscow: *Radio Engineering*, 235
5. Potapov, A. A., & Chernykh, V. A. (2009). The theory of fractals and scaling. Moscow: *Fizmatlit*, 820

*Работа поступила
в редакцию 16.03.2018 г.*

*Принята к публикации
19.03.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Абдыраева Н. Р. Исследования диаграмм направленности фрактальной антенны кривой Коха на основе модели MMANA-GAL // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №4. С. 275-281. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/abdyraeva-n> (дата обращения 15.04.2018).

Cite as (APA):

Abdyraeva, N. (2018). Research of directivity diagram of fractal antenna of Koch curve based on the MMANA-GAL model. *Bulletin of Science and Practice*, 4, (4), 275-281