УДК 621.396.67

РАЗРАБОТКА ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ КРИВОЙ КОХА ДЛЯ СОТОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ, РАБОТАЮЩИХ НА ЧАСТОТАХ 2100 И 2600 МГц

©Ташполотов Ы. Т., *д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Киргизия, itashpolotov@mail.ru*
©Абдыраева Н. Р., *Ошский технологический университет, г. Ош, Киргизия, abdiraevanuripa@mail.ru*

DEVELOPMENT OF THE FRACTAL ANTENNA OF KOCH CURVE FOR CELLULAR COMMUNICATION SYSTEMS OPERATING AT 2100 AND 2600 MHz

©Tashpolotov Y., *Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru*
©Abdyraeva N., *Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, abdiraevanuripa@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрена параметры антенны, в частности активные и реактивные составляющие сопротивления, коэффициента усиления, коэффициента стоячей волны (КСВ), диаграмма направленности фрактальной антенны на основе кривой Коха на частоте 2100 и 2600 МГц. Исследование и моделирование фрактальной антенны на основе программы MmanaGal подверждает, что фрактальная антенна ни в чем не уступает «классическим» антеннам, а также они имеют больше преимуществ с точки зрения габарита и размера.

Abstract. This article considered the antenna parameters, in particular, the active and reactive components of the resistance, the gain factor, the standing wave coefficient (SWR), the directional pattern of the Koch curve fractal antenna at 2100 and 2600 MHz. The investigation and modeling of the fractal antenna based on the MmanaGal program tests that the fractal antenna is in no way inferior to the “classical” antennas, and they have more advantages in terms size.

Ключевые слова: фрактальная антенна, LTE, КСВ, сотовая сеть, диаграмма направленности.

Keywords: fractal antenna, LTE, SWR, cellular network, directional pattern.

Введение

В настоящее время быстрыми темпами развиваются устройства, работающие на беспроводных сетях. Это связано с ростом абонентов сотовой связи и развитием интернет технологий. Сотовые сети Кыргызской Республики основаны на стандартах GSM, LTE и LTE-Advanced. Мобильные операторы связи Кыргызстана, предоставляющий услуги сотовой связи работают в стандартах GSM (2G) в диапазонах частот 900 и 1800 МГц, WCDMA/UMTS (3G) в диапазонах частот 2100 и 900 МГц и LTE (4G) в диапазонах частот 800, 1800, 2100 и 2600 МГц [1]. Опрераторы и частоты представлены в Таблице.

Как известно, что во всем мире к 2020 году ожидается 5G. Для перехода к 5G сотовые сети будут основываться на дальнейшие развития этих стандартов. Стандарты GSM, LTE и LTE-Advanced являются широкополосными и многодиапазонными, а устройства работающие

в сотовых сетях имеют небольшой габарит (Например: смартфоны, планшеты и т.д). Миниатюризация устройств беспроводных сетей предъявляет определенные требования ко всем компонентам устройств, а точнее к антеннам. Не все «классические» антенны могут решать эти проблемы и удовлетворять эти требования. Необходимо разработать многодиапазонную и широкополосную антенну используемые в сотовых сетях связи.

Таблица.

ОПЕРАТОРЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТЕРРИТОРИИ КИРГИЗИИ

Оператор	*Частоты*
MEGACOM	Полоса 1(2100 МГц) Полоса 3 (1800 МГц) Полоса 20 (800 МГц)
Saima-Telecom	Полоса 7/Полоса 38 (2600 МГц)
O!	Полоса 7 (2600 МГц) Полоса 20 (800 МГц)
Beeline KG	Полосы 18,19,20 (811-816 МГц, 852-857 МГц)

Фрактальные структуры обладают свойством самоподобности при различных масштабах и не обладают единым характеристическим размером, поскольку в одном объекте наблюдается бесконечное число масштабов и размеров. Благодаря такому свойству фрактальные структуры многодиапазонны и широкополосны [2]. Поэтому фрактальные антенны и их характеристики открывают перспективы применения фрактальных антенн в сотовых сетях.

Целью работы является численное моделирование фрактальной антенны на основе кривой Коха на частотах 2100 и 2600 МГц.

В настоящей работе исследуется электродинамические характеристики фрактальной антенны на основе кривой Коха на частотах 2100 и 2600 МГц используемые операторами Кыргызстана. Численный расчет параметров антенны проводился с помощью программы MManaGal предназначенная для расчета и анализа антенн, производящих расчет методом моментов [3].

Фрактальная антенна на основе кривой Коха на частотах 2100 и 2600 МГц

Исследовалась фрактальная антенна на основе кривой Коха 3-ой итерации 2100 МГц и 2600 МГц с длиной 2 см радиус которых составлял 0,2мм и волновым сопротивлением 50 Ом.

По результатам моделирования получили данные о форме диаграммы направленности антенны, коэффициента усиления, активной и реактивной составляющей сопротивления, а также расчеты значений коэффициента стоячей волны (КСВ).

Наряду с выше перечисленными параметрами и диаграммой направленности важной характеристикой антенны является рабочий частотный диапазон. Диапазонами частот может быть: 800, 900, 1800, 1900, 2100, 2400, 2600 МГц и другие. Нам известно, что многие базовые станции используют не один диапазон, а сразу два (900 МГц и 1800 МГц) или даже 3 диапазона с учетом системы 4G (2100, 2600 МГц). В таких случаях создают специально совмещенные 2-х или 3-х диапазонные антенны. Причем они могут быть в различных комбинациях, с или без поляризационного или пространственного разнесения, с различными углами наклона, что дает в итоге десятки или даже сотни различных комбинаций [4].

На Рисунке 1 приведен пример компьютерного моделирования фрактальной антенны на основе кривой Коха.

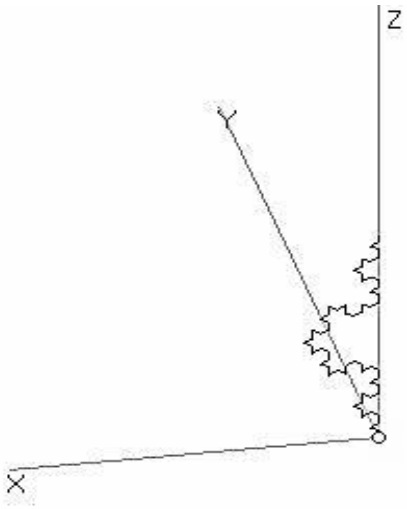

Рисунок 1. Компьютерная модель фрактальной антенны.

На Рисунке 2 представлены результаты моделирования: график активной и реактивной составляющей сопротивления, график частотной зависимости КСВ, график частоты сравнительно к коэффициенту усиления для радиуса 2 мм и диаграмма направленности антенны в диапазоне частот 2100 МГц.

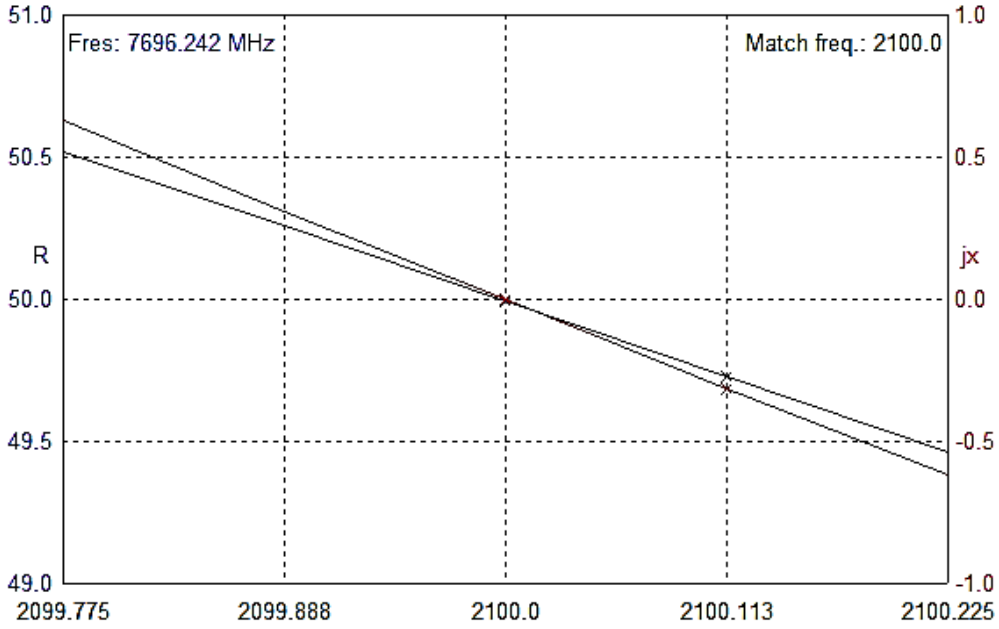

Рисунок 2а. График активной и реактивной составляющей сопротивления для радиуса 2 мм.

На Рисунке 2а видно, что график активной и реактивной составляющей сопротивления равной 50 Ом соответствует минимальному затуханию.

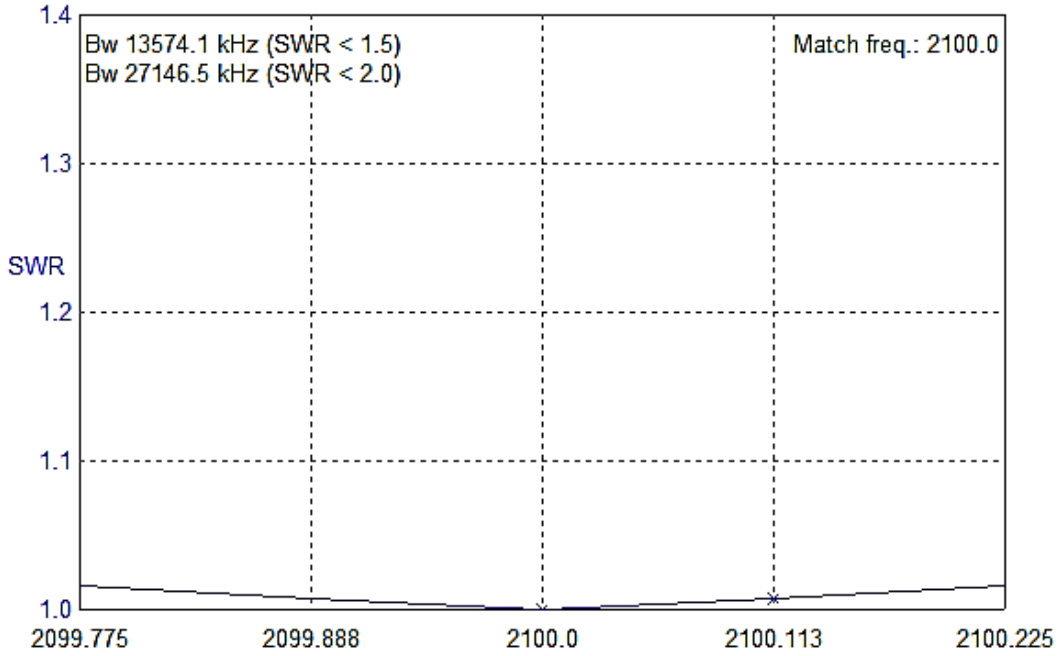

Рисунок 2б. График частотной зависимости КСВ для радиуса 2 мм.

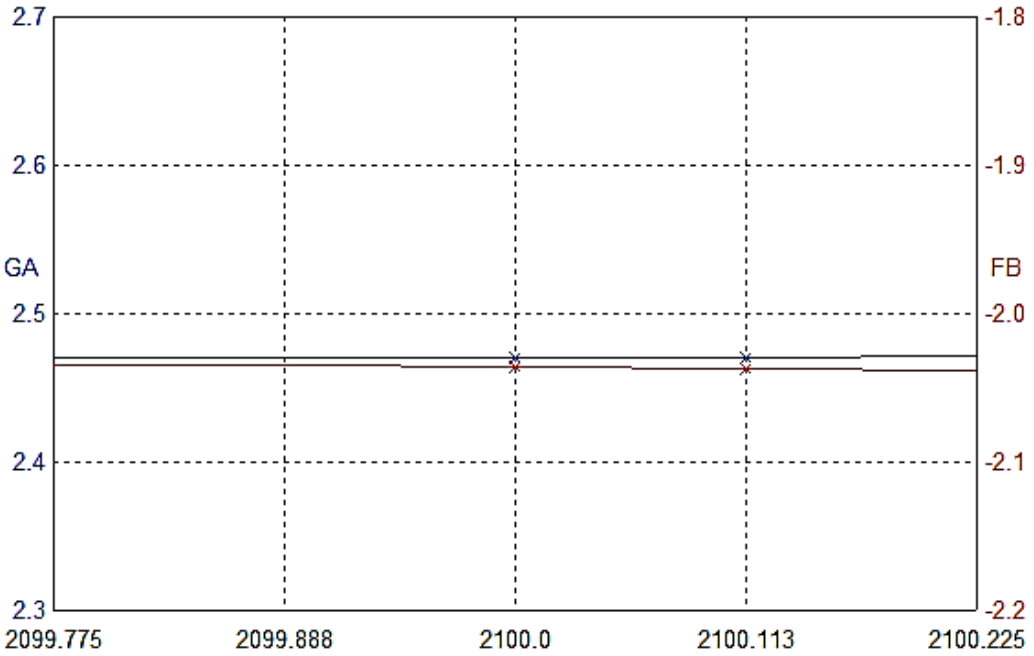

Рисунок 2в. График частоты сравнительно к коэффициенту усиления для радиуса 2 мм.

Как известно, ккоэффициент усиления характеризует способность антенны излучать энергию сигнала в определенном направлении, и на Рисунке 2б видно, что коэффициент усиления равен к 2.5 дБ.

Отметим, что диаграмма направленности отражает в каких направлениях будет излучаться сигнал, и с какой мощностью. На Рисунке 2 г показана, что диаграмма направленности фрактальной антенны на частоте 2100 МГц имеет круговую диаграмму направленности и это связано с тем, что излучение сигнала во всех направлениях происходит с одинаковой мощностью.

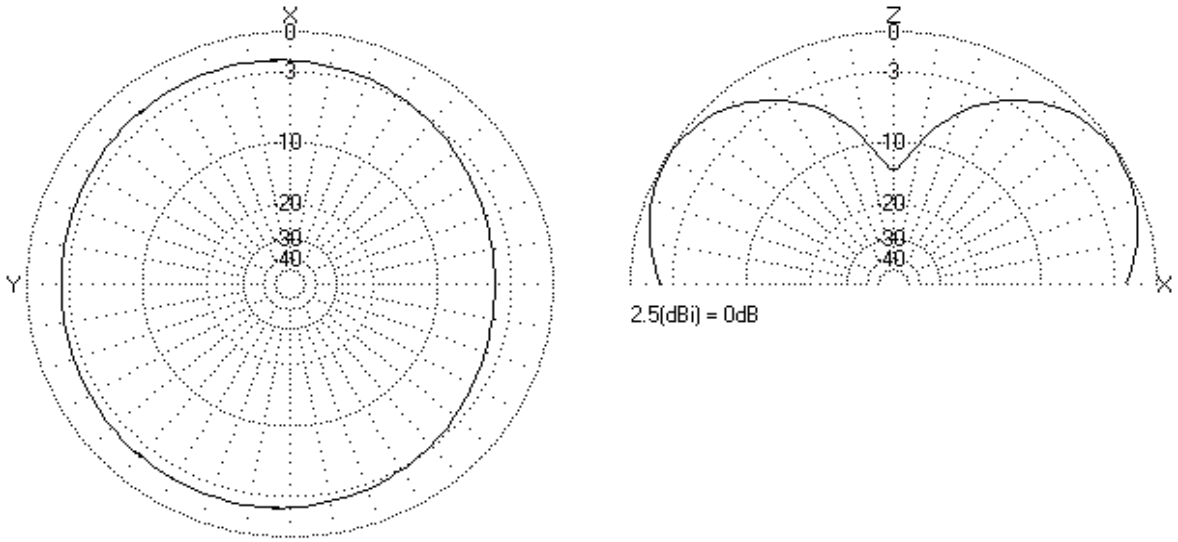

Рисунок 2 г. Диаграмма направленности в горизонтальной и вертикальной плоскости.

На Рисунке 3 представлены результаты моделирования: график активной и реактивной составляющей сопротивления, график частоты сравнительно к коэффициенту усиления, график частотной зависимости КСВ для радиуса 2 мм и диаграмма направленности антенны в диапазоне частот 2600 МГц.

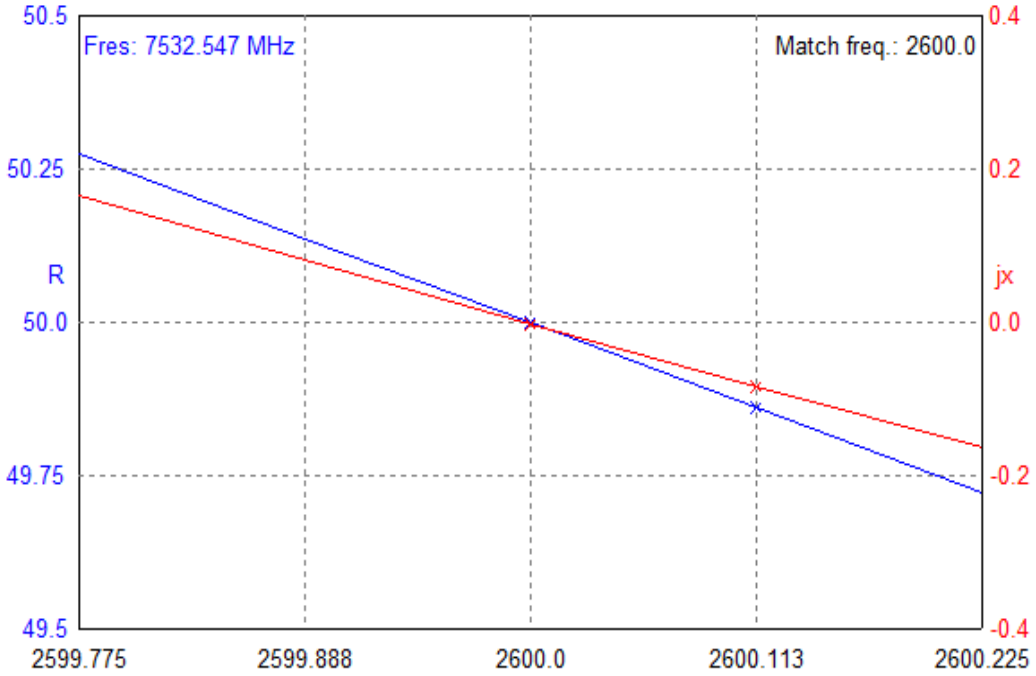

Рисунок 3а. График активной и реактивной составляющей сопротивления для радиуса 2мм.

Поскольку, допустимые значения КСВ на рабочей частоте или в полосе рабочих частот для различных устройств регламентируются в технических условиях и ГОСТах и согласно этим документам приемлемые значения КСВ обычно варьируют в пределах от 1.1 до 2.0, то в нашем случае значение КСВ на Рисунке 2б было равной 1.1, а на Рисунке 3б равной 1.0. Это показывает, что у фрактальных антенн допустимые значения КСВ антенн находятся в пределах нормы, что указанно в ГОСТах.

Возрастание (то есть ухудшение) КСВ приводит:

- к возрастанию тепловых потерь;
- к снижению потребление нагрузкой мощности генератора;
- к снижению выделение мощности к нагрузке.

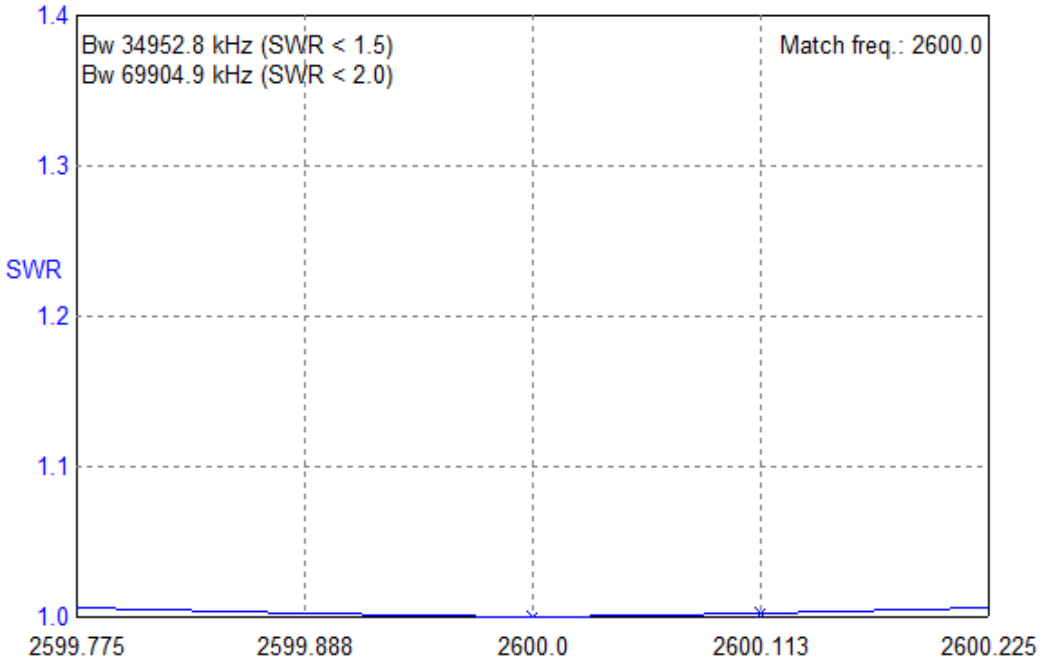

Рисунок 3б. График частотной зависимости КСВ для радиуса 2 мм.

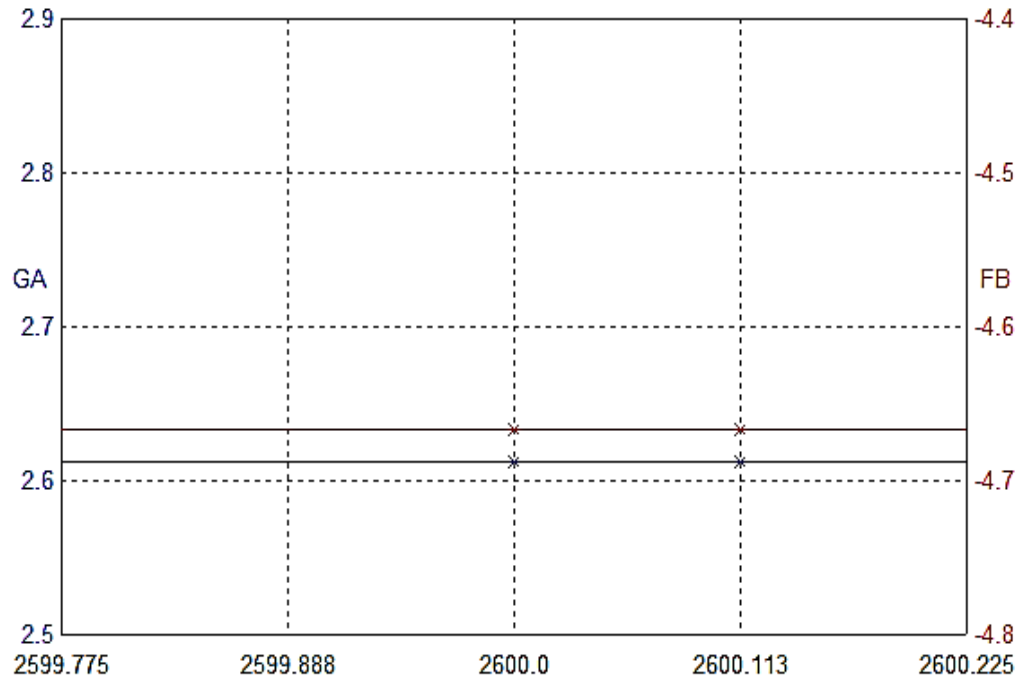

Рисунок 3в. График частоты сравнительно к коэффициенту усиления для радиуса 2 мм.

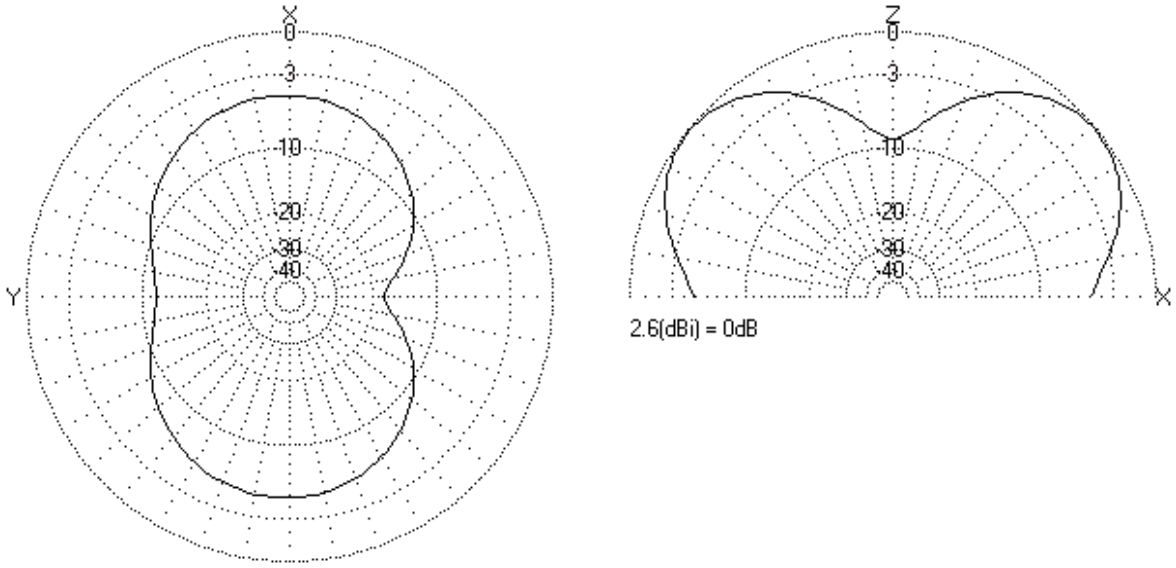

Рисунок 3 г. Диаграмма направленности в горизонтальной и вертикальной плоскости.

На основании результатов численного моделирования установлено, что фрактальная антенна на основе кривой Коха в диапазонах 2100 и 2600 МГц является *многодиапазонной,* так как активные и реактивные составляющие сопротивления сохраняет самоподобие в этих частотных диапазонах. В антенне 2600 МГц было проявлено увеличение коэффициента усиления и ужение диаграммы направленности антенны по сравнению антенны на частоте 2100 МГц. При проектировании систем связи принимаются во внимание различные характеристики: вес, габариты, форма антенны, и т. д. Таким образом, фрактальные антенны на основе кривой Коха по электродинамическим параметрам не уступают «классическим» антеннам, но при этом имеют меньшие размеры.

Список литературы:

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

2. Потапов А. А. Фрактальные элементы и радиосистемы: Физические аспекты. М.: Радиотехника, 2009. 200 с.

3. Кондратьева А. П. Сравнительные характеристики фрактальных антенн на основе кривых разных типов // Антенны. 2009. №. 2. С. 53-62.

4. Бобрешов А. М., Калашников А. Е., Потапов А. А. Фрактальные антенны // Успехи современной радиоэлектроники. 2010. №. 7. С. 47-60.

5. Абдыраева Н. Р. Особенности беспроводной широкополосной связи LTE с использованием фрактальной антенны на основе кривой Коха // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №3. С. 164-169. Режим доступа: http://www.bulletennauki.com/abdyraeva (дата обращения 15.03.2018). DOI: 10.5281/zenodo.1198684.

References:

1. Potapov, A. A. (2002). Fractals in radiophysics and radar. Moscow: *Logos,* 664.

2. Potapov, A. A. (2009). Fractal elements and radio systems: Physical aspects. Moscow: *Radio Engineering,* 200.

3. Kondratieva, A. P. (2009). Comparision Characteristics Fractal Antennas on the Basis of Curve Different Types. *Antennas,* (2), 53-62.

4. Bobresov, A. M., Kalashnikov, A. E., & Potapov, A. A. (2010). Fractal antennas. *The successes of modern radio electronics,* (7), 47-60.

5. Abdyraeva, N. (2018). The feature of wireless broadband communication LTE using a fractal antenna based on Koch curve. *Bulletin of Science and Practice, 4* (3), 164-169. doi:10.5281/zenodo.1198684.

Работа поступила
в редакцию 11.05.2018 г.

Принята к публикации
15.05.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Ташполотов Ы. Т., Абдыраева Н. Р. Разработка фрактальной антенны на основе кривой Коха для сотовых систем связи, работающих на частотах 2100 и 2600 МГц // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №6. С. 197-204. Режим доступа: http://www.bulletennauki.com/tashpolotov (дата обращения 15.06.2018).

Cite as (APA):

Tashpolotov, Y., & Abdyraeva, N. (2018). Development of the fractal antenna of Koch curve for cellular communication systems operating at 2100 and 2600 MHz. *Bulletin of Science and Practice, 4*(6), 197-204.