

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА  
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ**



**PHYSICO-MATHEMATICAL  
SERIES**

**6 (304)**

**ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2015 ж.  
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2015 г.  
NOVEMBER – DECEMBER 2015**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА  
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА  
АЛМАТЫ, НАН РК  
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

**Мұтанов Г. М.**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байгүнчеков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

**Г. М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

**G. M. Mutanov,**  
academician of NAS RK

Editorial board:

**A.A. Ashimov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

**I.N. Vishnievski**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**  
**ISSN 1991-346X**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 304 (2015), 40 – 46

## THE MULTI-FREQUENCY PROPERTIES OF ANTENNAS BASED ON FRACTAL STRUCTURES

A. K. Imanbayeva, A. A. Temirbayev, T. A. Namazbayev, S. A. Khohlov

IETP, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: amirkhan.temirbayev@kaznu.kz

**Key words:** fractal antennas, Sierpinski triangle (fractal), Minkowski fractal, S-parameter, Ansoft HFSS, computer modelling.

**Abstract.** Fractal antennas are multiband and can be used to operate simultaneously on multiple frequencies without signal amplification. They are also compact. The aim of this work is to study and analyze a variety of dishes based on fractals, as well as analysis of the influence of the substrate on the properties considered fractal antennas. In this article we used a modified Sierpinski fractal, and Minkowski fractal. Fractal antennas have previously been modeled in the package Ansoft HFSS. We have considered the steps of computer modeling of fractal antenna. In the simulation, we selected several primary iteration of fractals. For modified Sierpinski fractal was chosen the first three iterations, and for fractal Minkowski chose the first two iterations. We have shown the frequency distribution, as well as reducing or increasing the power of the individual resonances depending on the substrate material, i.e, the value of the dielectric constant.

The results showed that the fractal antennas have a multifrequency properties, i.e. antennas may operate at multiple frequency bands. The results indicate the competitiveness of fractal antennas.

УДК 621.396.67.012.12

## МНОГОЧАСТОТНОЕ СВОЙСТВО АНТЕНН НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР

А. К. Иманбаева, А. А. Темирбаев, Т. А. Намазбаев, С. А. Хохлов

НИИЭТФ, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** фрактальная антенна, треугольник Серпинского (фрактал), фрактал Минковского, S-параметр, Ansoft HFSS, компьютерное моделирование.

**Аннотация.** Фрактальные антенны являются многодиапазонными и могут быть использованы для работы одновременно на нескольких частотах без усиления сигналов. Они также являются компактными. Целью данной работы является исследование и анализ антенн на основе различных фракталов, а также анализ влияния подложки на свойства рассмотренных фрактальных антенн. В работе были использованы модифицированный фрактал Серпинского и фрактал Минковского. Моделирование антенн на основе фрактальных структур производилась в программном пакете Ansoft HFSS. Рассмотрены этапы компьютерного моделирования фрактальной антенны. При моделировании были выбраны несколько начальных итерации фракталов. Для модифицированного фрактала Серпинского были выбраны первые три итерации, а для

фрактала Минковского – первые две итерации. Была показана зависимость распределения частот, а также уменьшение или увеличения мощности отдельных резонансов в зависимости от подложки материала, т.е. от значения диэлектрической проницаемости.

Полученные результаты показали, что фрактальные антенны имеют свойства многочастотности, т.е. антенны могут работать на нескольких частотных диапазонах. Полученные данные показывают конкурентоспособность фрактальных антенн.

**Введение.** Антенны являются неотъемлемой частью коммуникационных систем. В развитии беспроводных систем связи для антенн должны быть свойственны следующие характеристики: широкополосность и сверхширокополосность, широкая диаграмма направленности и минимальные размеры для конструкции. Однако решать эти задачи приходится в условиях ограниченности основных ресурсов, таких как спектр и мощность. Так как все больше и больше устройств становятся мобильными, технология будущего столкнется с проблемой перегрузки спектра, и основной задачей станет обеспечение сосуществования различных беспроводных устройств. Таким образом, учитывая ограниченный доступный диапазон частот, удовлетворение спроса на более высокие пропускную способность и скорости передачи представляет собой актуальную задачу, требующую технических решений, совместимых с устройствами, работающих в различных частотных диапазонах.

В этой связи, при разработке современных систем связи остро стоит вопрос выбора типа эффективной антенной системы, обеспечивающей заданные характеристики в рабочем диапазоне частот. Вышеуказанные задачи могут решать фрактальные антенны, приобретающие в последнее время популярность благодаря своей компактности и многодиапазонности. Однако теория фрактальных антенн на данный момент в мире практически не развита, поэтому возникает ряд задач при создании самих фрактальных антенн. Антенна в виде фрактала по сравнению с традиционной антенной использует пространство эффективнее. Из-за таких форм энергопотребление также может улучшиться.

Целью этой работы является исследование и анализ антенна основе модифицированного фрактала Серпинского и фрактала Минковского, а также исследование влияния подложки на свойства фрактальной антенны.

**Этапы конструирования фрактальной антенны.** В работе были использованы фрактал Минковского и модифицированный фрактал Серпинского. При конструировании были выбраны несколько начальных итерации фракталов. Для модифицированного фрактала Серпинского были выбраны первые три итерации (рисунок 1), а для фрактала Минковского – первые две итерации (рисунок 2). Антенны фрактальной формы были смоделированы в программном пакете Ansoft HFSS, которая предназначена для получения S-параметров и трехмерного моделирования электромагнитного поля методом конечных элементов.

Для антенны в форме фрактала Серпинского была использована подложка ArlonTC600 (диэлектрическая проницаемость 6.15) с размерами 40x40x2.3 мм [1]. Подложка ArlonTC600 использовалась как основная подложка для антенны. Чтобы проверить влияние подложки на антенну были еще выбраны следующие подложки: Arlon CuClad 250 GT (с диэлектрической проницаемостью 2.5) и Arlon TC350 (с диэлектрической проницаемостью 3.5). Сопоставление подложек было продемонстрировано с использованием третьей итерации модифицированного фрактала Серпинского.

При моделировании антенны в форме фрактала Минковского была использована подложка FR4\_ероку (с диэлектрической проницаемостью 4.4) с размерами 45x50x1.5 мм[2]. В обеих антеннах на задних сторонах подложки при моделировании был использован рефлектор. S-параметры антенн рассчитывались в районе от 1 до 10 ГГц.

**Результаты эксперимента.** На рисунках 3–6 показаны результаты S-параметров, соответствующие итерациям модифицированного фрактала Серпинского. На основе полученных графиков можно сказать, что для основного вида антенны мы имеем 4 резонансных частоты: 2, 4.63, 6.04 и 8.57 ГГц, соответственно. Из них можно выделить только одну частоту, соответствующей 4.63ГГц, как ярко выраженной на основном фоне (рисунок 3).

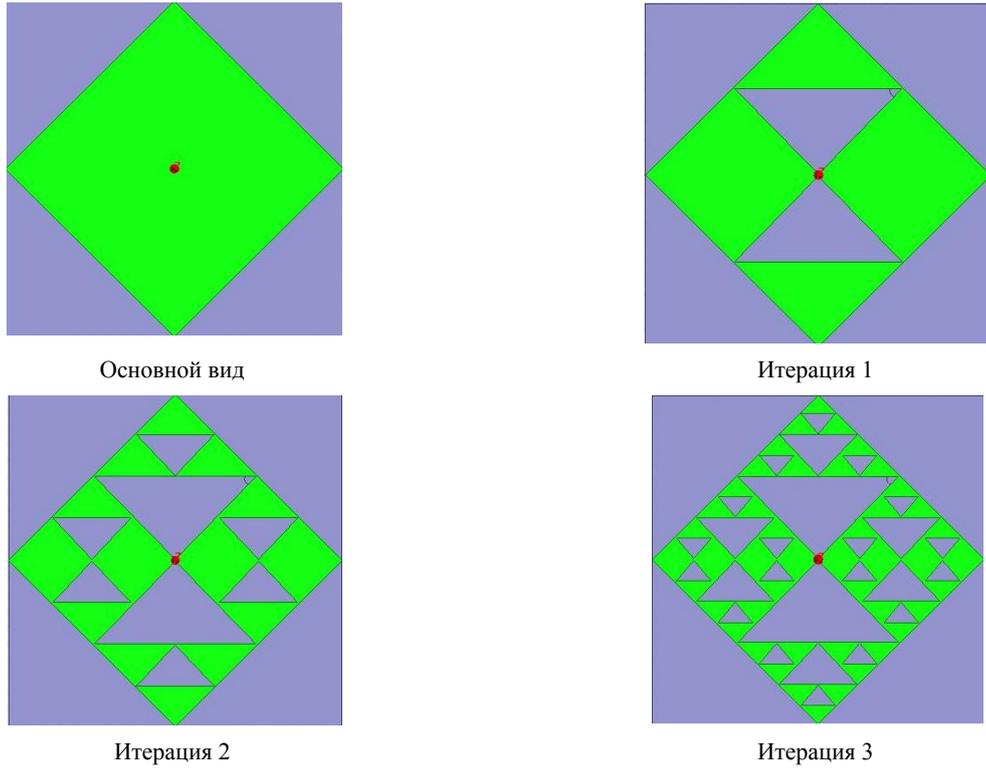


Рисунок 1 – Начальный вид и первые три итерации модифицированного фрактала Серпинского

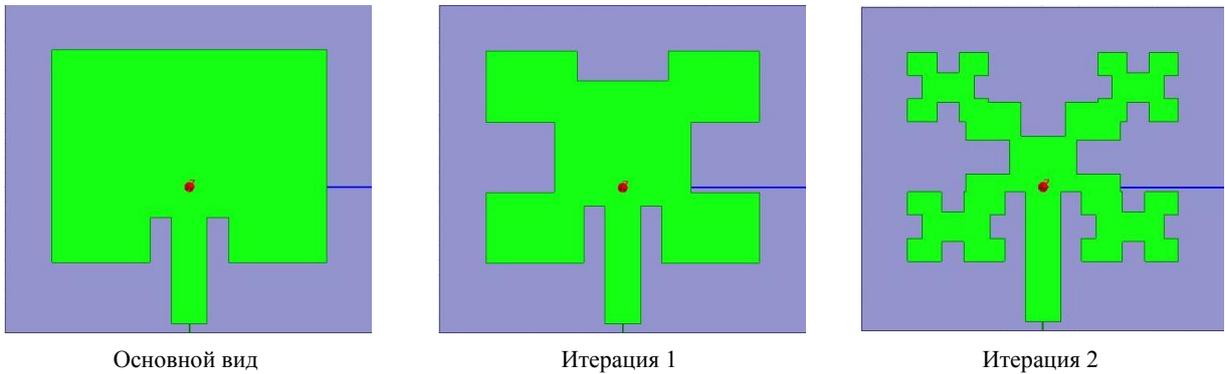


Рисунок 2 – Начальный вид и первые две итерации фрактала Минковского

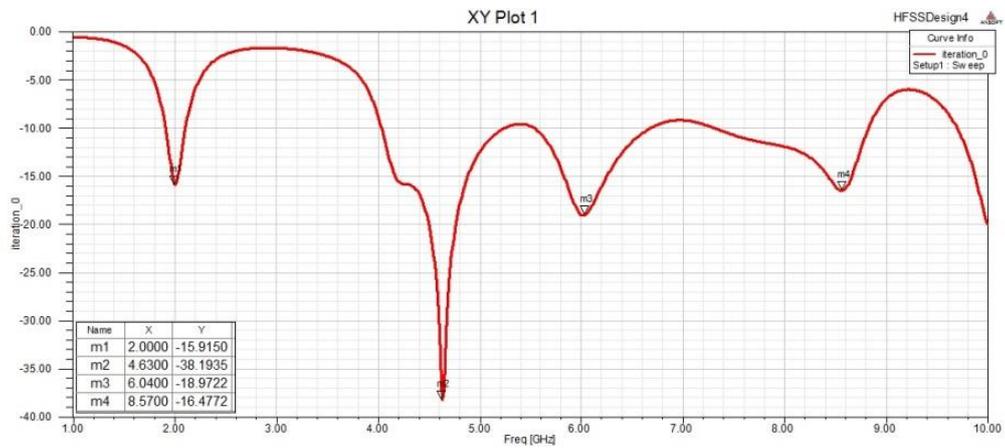


Рисунок 3 – S-параметр для основного вида антенны до изменения(фрактал Серпинского)

В антенне, имеющей форму первой итерации фрактала Серпинского, присутствуют следующие частоты: 1.74, 4.64 и 8.62 ГГц. Здесь можно увидеть, что из двух частот возникающих в 0-й итерации, а именно 4.63 ГГц и 6.04 ГГц, получается одна широкая резонансная частота, равной 4.64 ГГц. Также первая резонансная частота сдвигается в более низкую область частот (рисунок 4).

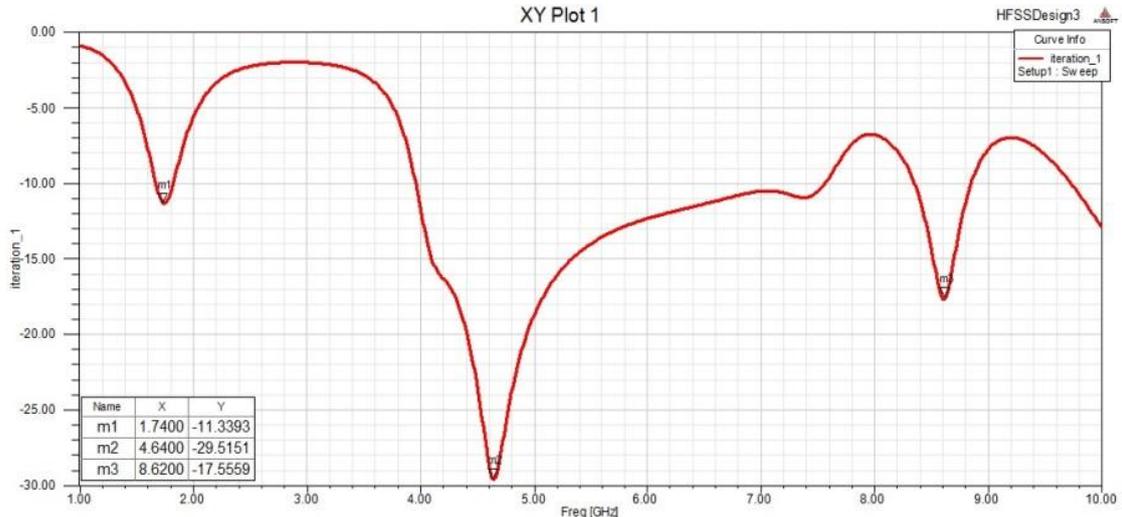


Рисунок 4 – S-параметр антенны соответствующей первой итерации фрактала Серпинского

У антенны на основе второй итерации фрактала Серпинского появились частоты, соответствующие 1.66, 8.16 и 9.38 ГГц (рисунок 5). Из графика можно увидеть, что резонансные частоты, которые наблюдались в двух предыдущих антеннах исчезают полностью и появляются новые частоты, при этом одна резонансная частота находится в области более высоких частот, однако, число резонансов не увеличивается в зависимости от второй итерации. Здесь также наблюдаются всего три резонансные частоты.

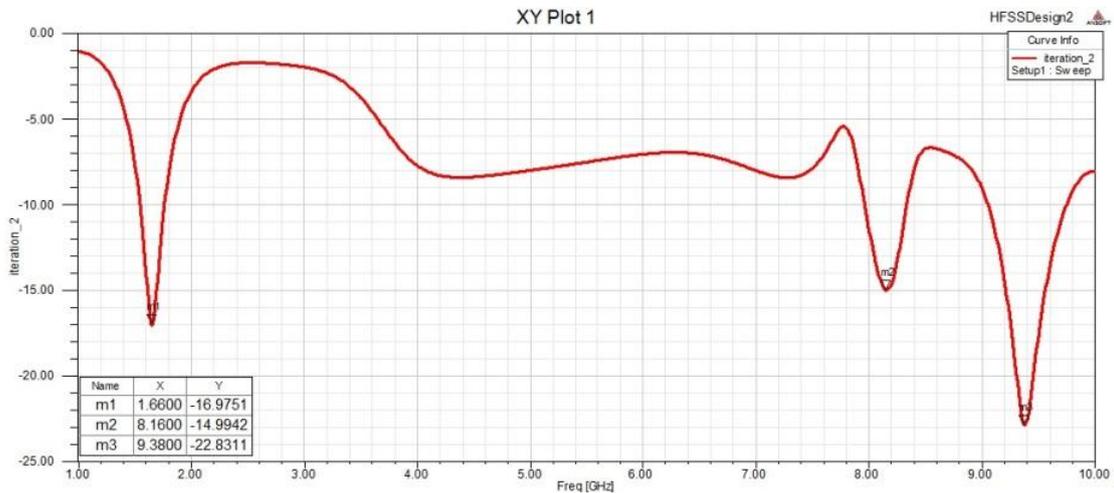


Рисунок 5 – S-параметр антенны соответствующей второй итерации фрактала Серпинского

В антенне на основе третьей итерации фрактала Серпинского происходит качественный скачок. Здесь появляются целых 6 резонансных частот и все с хорошей мощностью. Резонансы соответствуют частотам: 1.62, 4.01, 4.95, 6.71, 8.13 и 9.35 ГГц (рисунок 6). Если сравнивать свойство антенны на основе нулевой итерации (основная ромбообразная форма) с антенной на основе третьей итерации фрактала, то можно наблюдать увеличение резонансных частот в два раза, что в свою очередь показывает многодиапазонность антенн на основе фрактальных структур.

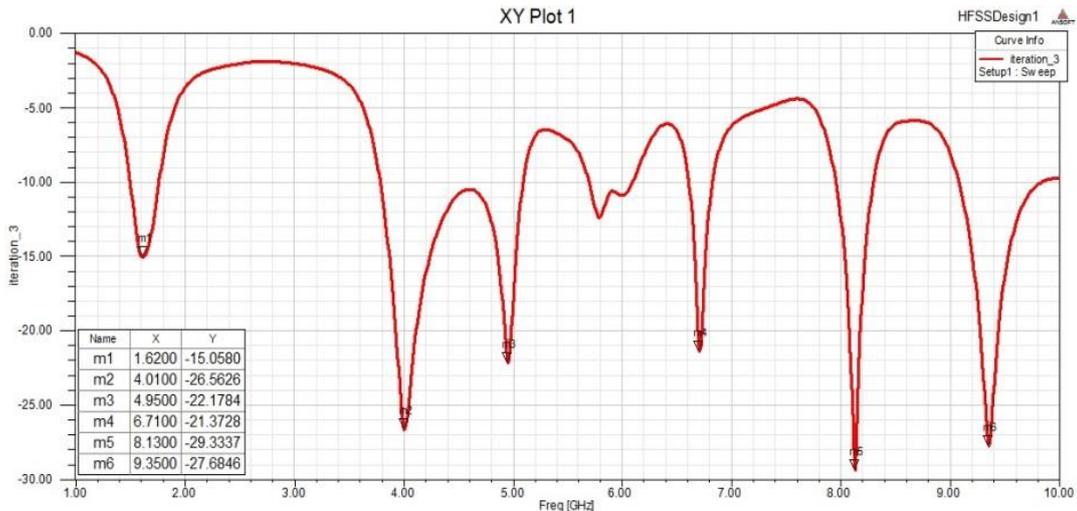


Рисунок 6 – S-параметр антенны соответствующей третьей итерации фрактала Серпинского

Вторая антенна, которая была смоделирована нами имела вид фрактала Минковского. Нами было показано, что данная антенна также имеет ряд преимуществ перед простой планарной антенной. На рисунках 7, 8 показаны результаты S-параметров для антенн с основной (нефрактальной) формой и на основе фрактала второй итерации, соответственно.

Как видно из рисунка 7, в антенне, сконструированной с помощью нефрактальной формы, наблюдаются пять основных резонансов: 2.44, 3.83, 5.04, 8.05 и 9.1 ГГц.

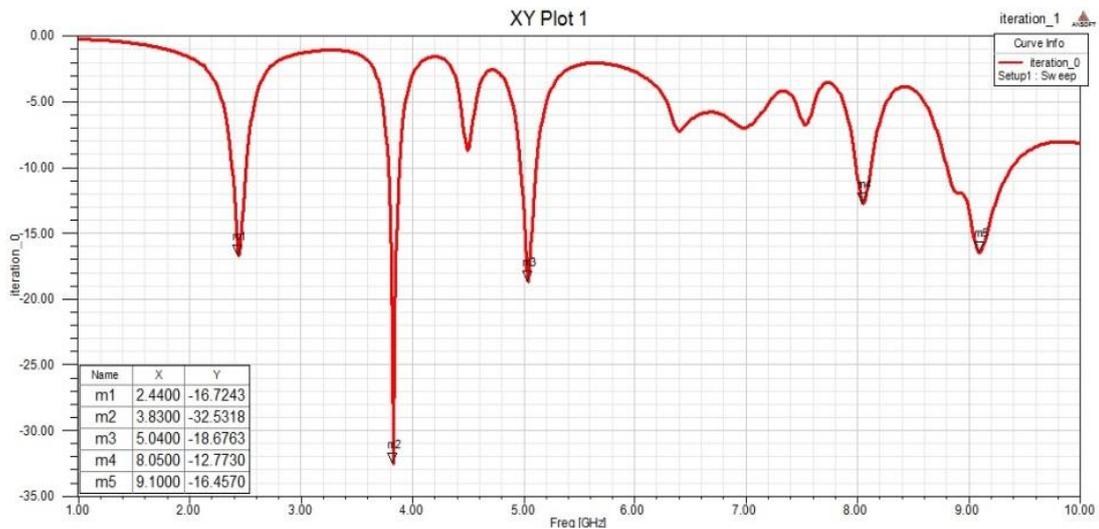


Рисунок 7 – S-параметр антенны сконструированной с помощью нефрактальной формы (данная форма соответствует нулевой итерации фрактала Минковского)

В антенне сконструированной на основе первой итерации фрактала Минковского наблюдаются четыре резонансных частот. При этом исчезают те резонансы, которые близки к области высоких частот. Здесь не наблюдается качественного изменения, поэтому приведем сразу результаты по моделированию антенны на основе второй итерации фрактала Минковского.

В ходе моделирования антенны сконструированной на основе второй итерации фрактала Минковского мы получили следующие резонансные частоты: 1.33, 5.13, 5.62, 7.14 и 8.08 (рисунок 8). Как видно из рисунка 8, увеличение итерации данного фрактала привело к изменению распределения частот. При этом мощность всех полученных резонансных частот увеличивается. Данное свойство показывает еще одно преимущество фрактальных антенн, т.е. кроме многодиапазонности фрактальные антенны обладают еще и свойством усиления сигналов.

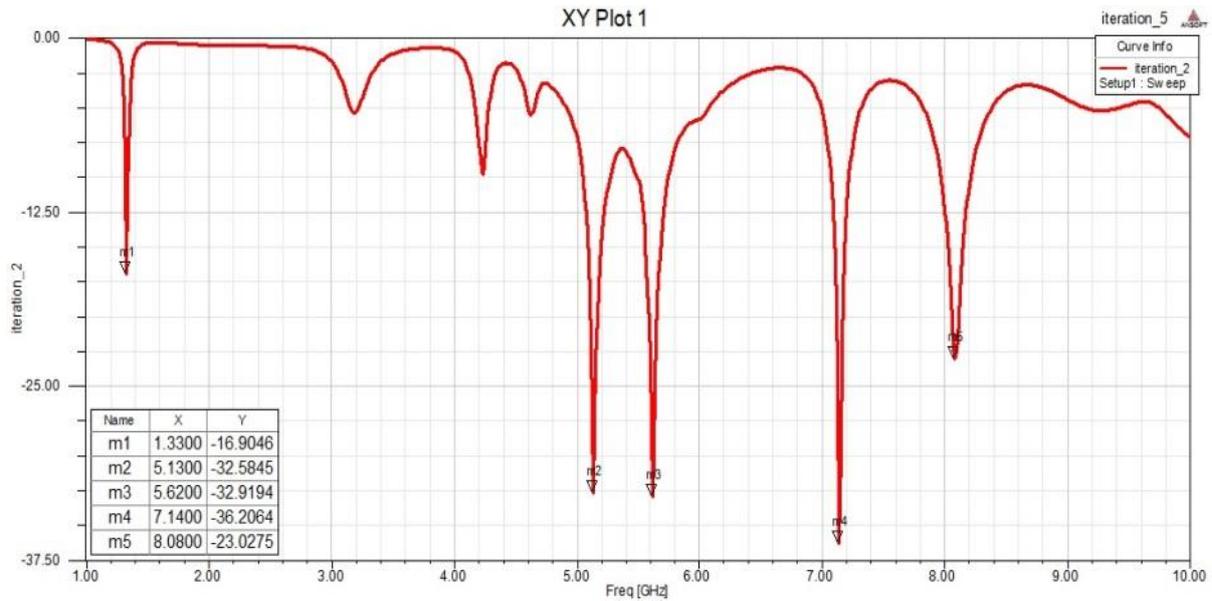


Рисунок 8 – S-параметр антенны соответствующей второй итерации фрактала Минковского

Вторая часть эксперимента была относительно подложки антенны. При моделировании с разными подложками выяснилось то, что основные резонансные частоты смещались, а также некоторые из них гасились или увеличивались. На рисунке 9 показаны S-параметры при трёх различных материалах подложки. Результаты показывают, что наиболее хорошей подложкой для антенны является подложка из материала Arlon\_TC600 с диэлектрической проницаемостью 6.15.

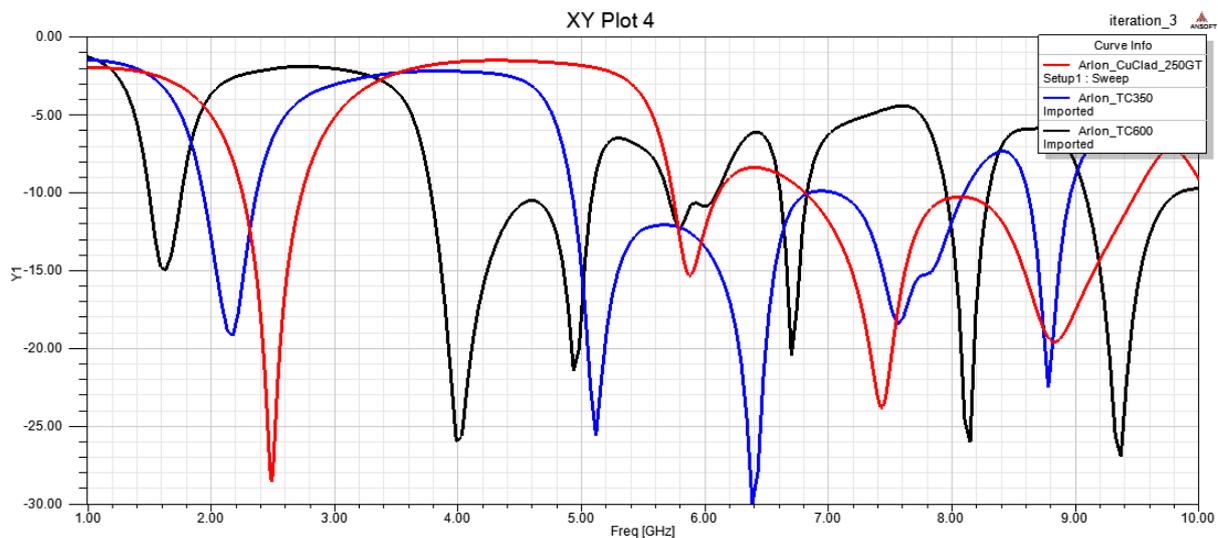


Рисунок 9 – Влияния подложки на свойство фрактальной антенны

**Заключение.** На основе полученных результатов можно заключить, что при некоторых итерациях фрактала может присутствовать широкополосность, при этом данное свойство наблюдается при высоких итерациях.

Фрактальные антенны могут быть использованы в беспроводных технологиях как сотовая связь, LTE 4G, WIMAX. Для этого должны быть учтены соответствующие частоты при конструировании. Из-за свойства многочастотности фрактальной антенны есть возможность конструирования антенн соответствующих нескольким беспроводным технологиям.

*Настоящая работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта №3837/ГФ4.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] Jawad K. Ali, Zaid A. Abed AL-Hussain, Ammer A. Osman and Salim Ali J. A New Compact Size Fractal Based Microstrip Slot Antenna for GPS Applications // Conference: Progress In Electromagnetics Research Symposium. PIERS Proceedings, Kuala Lumpur, Malaysia, March 27–30, 2012. – P.700-703.

[2] C. de Oliveira E.E., H. da F. Silva P. A.L.P.S. Campos and SandroGoncalves da Silva Overall size antenna reduction using fractal elements // Microwave and Optical Technology Letters 2009. – Vol.51, №3. –P. 671-675.

REFERENCES

[1] Jawad K. Ali, Zaid A. Abed AL-Hussain, Ammer A. Osman and Salim Ali J. A *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, Kuala Lumpur, Malaysia, March 27–30, 2012, 700-703 (in Eng.)

[2] C. de Oliveira E.E., H. da F. Silva P. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2009, 51, 3., 671-675 (in Eng.).

**ФРАКТАЛДЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛЫНҒАН  
АНТЕННАЛАРДЫҢ КӨПЖИЛІКТІК ҚАСИЕТТЕРІ**

**А. К. Иманбаева, А. А. Темірбаев, Т. А. Намазбаев, С. А. Хохлов**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** фракталдық антенна, Серпинский үшбұрышы (фракталық, Минковский фракталы, S-параметрі, Ansoft HFSS, компьютерлік модельдеу.

**Аннотация.** Фракталдық антенналар көп диапазонды болады, сондықтан, олар сигналды күшейтпестен бірнеше жиіліктерде бір уақытта жұмыс жасай алады. Фракталдық антенналар тағыда жинақы болады. Бұл мақалада фракталдық формаларға негізделген антенналар моделденген және олардың қасиеттері талқыланған. Серпинскийдің модификацияланған және Минковскийдің фракталдары пайдаланылды. Фракталдық антенналар Ansoft HFSS программалық пакетінде модельденді. Фракталдық антенналардың компьютерлік модельдеу этаптары қарастырылды. Түрлендірілген Серпинский фрактал үшін бірінші үш қадамдары алынды, ал Минковский фракталы үшін – бірінші екі қадамы. Жиіліктердің таралу байланысы, және материалдың түптөсеміне байланысты, яғни диэлектрикалық өтімділігінің мәніне, жеке резонанстардың құаттарының төмендеу немесе ұлғаю көрсетілді.

Алынған нәтижелер фракталдық антенналардың көпдиапазондық қасиеттерін, яғни бір уақытта бірнеше жиіліктік диапазондарда жұмыс істей алатындығын көрсетті. Алынған берілгендер фракталдық антенналардың бәсекеге жарамдылығын көрсетті.

Поступила 03.11.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.physics-mathematics.kz>

Редактор *М. С. Ахметова*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 10.11.2015.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
10,2 п.л. Тираж 300. Заказ 6.