

УДК 621.396

*Миколенко О.С., студентка,
Слюсар В.І., д.т.н., професор,
Слюсарь І.І., к.т.н., доцент,
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

ДІЕЛЕКТРИЧНА РЕЗОНАТОРНА АНТЕНА НА ОСНОВІ УСІЧЕНОГО КОНУСУ

***Анотація.** В роботі розглянуті варіанти моделей квазіфрактальних 3D-антен, які спираються на використання в якості базового елемента усіченого конусу. В роботі розглянуто діаграми спрямованості та амплітудно-частотні характеристики таких антен, а також досліджено їх залежність від взаємного розташування елементів антени. Наведені результати моделювання антен в пакеті Ansys HFSS.*

***Ключові слова:** антена, діаграма спрямованості, фрактал, Ansys HFSS.*

Вступ

В останні роки, в процесі мініатюризації телекомунікаційної апаратури, в т. ч., мобільних додатків, підсилюється інтерес до антенних систем, які забезпечують багатодіапазонність та широкосмуговість, а також, здатних легко розміщуватися в корпусі будь-якої форми та розміру. При цьому, необхідно зменшувати розміри антен без погіршення їх характеристик. В даному сенсі, досить перспективними є малорозмірні високоефективні діелектричні резонаторні антени (ДРА), що характеризуються великою пропускнуою здатністю та малими втратами в широкому діапазоні частот. З діелектричних матеріалів легко формуються напівсфери, циліндри, паралелепіпеди, конуси та ін. Ці компактні антени забезпечують досить зручне та дешеве рішення задач,

що стоять перед розробниками систем зв'язку, в першу чергу комерційних бездротових пристроїв [2].

Таким чином, актуальним завданням є розробка антен, що мають одночасно малі габаритні характеристики, високий коефіцієнт посилення та багатодіапазонні властивості.

З метою реалізації багатодіапазонності антен, при проектуванні випромінювача ДРА застосовують фрактальний підхід [4]. Його перевагою є простий алгоритм формування геометрії антени. Головна відмінність фрактальних геометричних форм – їх подрібнена розмірність, що зовні проявляється у рекурсивному повторенні у зростаючому або зменшуваному масштабах вихідних детермінованих або випадкових шаблонів антен.

На даний час, дослідники намагаються використовувати відомі геометричні фрактали в антенних рішеннях [5]. В результаті імітаційного моделювання та експериментів встановлено, що фрактальні антени дозволяють отримати практично той же коефіцієнт підсилення, що і звичайні, але при менших габаритах, що важливо для мобільних додатків [1].

Основна частина

Як відомо, кожна антена поширює випромінювану нею енергію в різні сторони. Зображення особливостей поширення антеною електромагнітної енергії називається діаграмою спрямованості (ДС). Зазвичай, ДС – це графічне представлення кутової залежності інтенсивності випромінювання антени [6].

Аналітичний опис параметрів антен неевклідової геометрії є досить складним. Як наслідок, розрахунок фрактальних антен проводиться методами чисельного моделювання. Це обумовлено тим, що їх характеристики визначаються, виходячи зі зміни геометричної форми антени або кількості елементів, з заздалегідь важко прогнозованими результатами. В ході проведених досліджень зроблений висновок про те, що доцільно використовувати прикладний пакет електродинамічного моделювання – Ansys HFSS [3].

Надалі наведено результати моделювання ДРА з базовим елементом у форми усіченого конуса (рис 1).

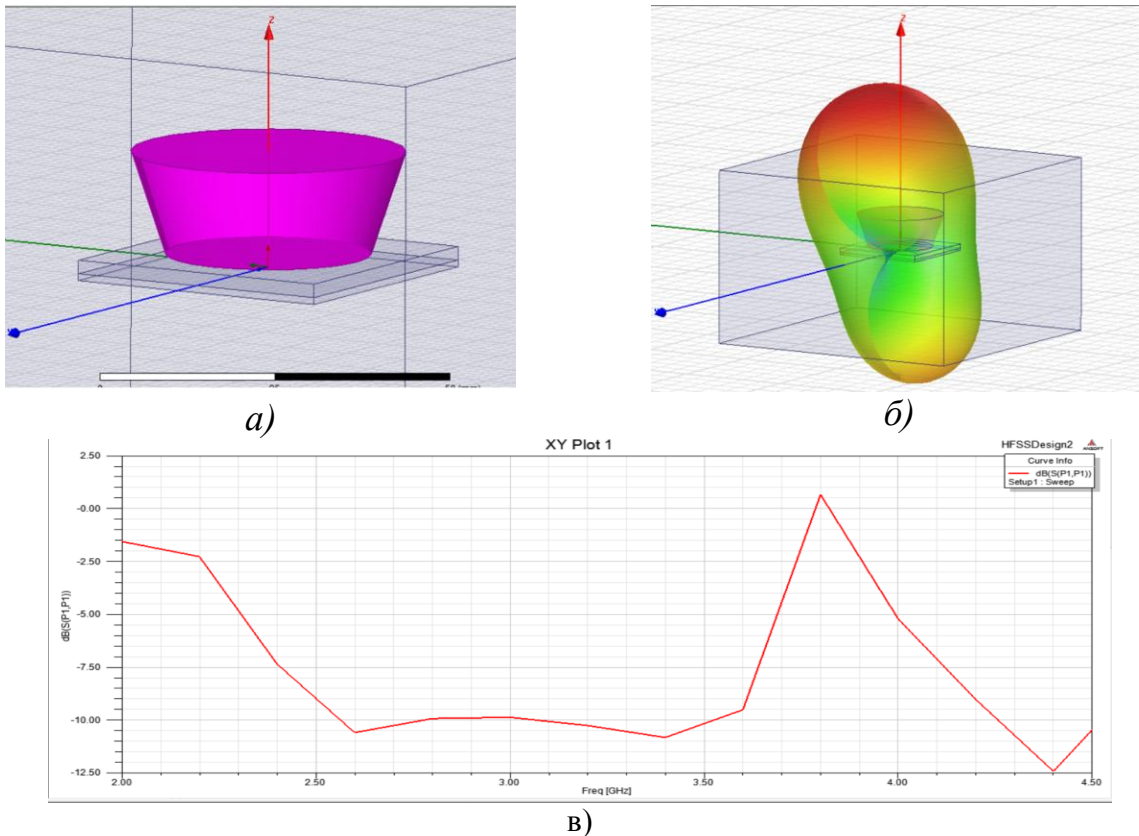


Рис. 1. Базовий елемент ДРА на основі одного усіченого конуса: а) схема живлення; б) 3D ДС з відображенням геометрії антени; в) амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) антени

При цьому аналізувався вплив на просторово-частотні параметри антени кількості периферійних базових елементів та їх взаємного розташування відносно центрального елемента.

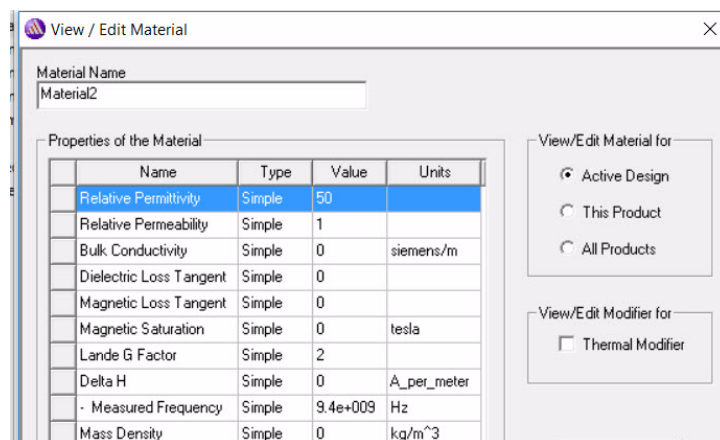


Рис. 2. Характеристики діелектрика

В якості припущень висунуті наступні положення:

– периферійні та центральні елементи виготовлені з одного матеріалу (рис. 2);

– габарити усіх елементів ДРА квазіфрактальної структури однакові;

– елементи не перекриваються у просторі;

– кожен периферійний елемент має лише одну точку дотику з центральним;

– живлення підводиться лише до нижньої основи центрального базового елемента ДРА;

– результуюча ДС антени повинна мати мінімальний рівень пелюсток зворотного випромінювання.

Проведений аналіз свідчить про те, що ДС одного базового елемента в діапазоні частот 2÷4,5 ГГц має значний рівень зворотного випромінювання. Крім того, згідно рис. 1.в, в діапазоні частот 2÷4,5 ГГц нерівномірність АЧХ перевищує 10 дБ.

На основі введених допущень було сформовано кілька варіантів моделі ДРА. Першій з них передбачає синтез антени на основі 3-ох усічених конусів, один з яких є центральним елементом, а два інших розміщені над основним й контактують з ним усіченою стороною конуса (рис. 3,а). В даному випадку, область з нерівномірним характером АЧХ звузилась (3÷4 ГГц), однак величина сплеску перевищує 20 дБ.

Другий варіант містить 5 елементів зі взаємним розташуванням, що відповідає рис. 4,а. Дослідження результатів розрахунку показують, що максимальне значення втрат зменшилось в порівнянні з попереднім варіантом антени, однак, загалом, АЧХ стала більш нерівномірною – кількість сплесків збільшилась. З графіку видно, що максимальне значення сплеску зменшилось і сягає менше 20 дБ. В цілому, дана реалізація ДРА теж є неоптимальною.

Третій варіант спирається на розміщення 5-ти елементів у вертикальній площині (відповідно, один з елементів є центральною основою антени, а 4 інших розміщені зверху та знизу основного (рис. 5,а).

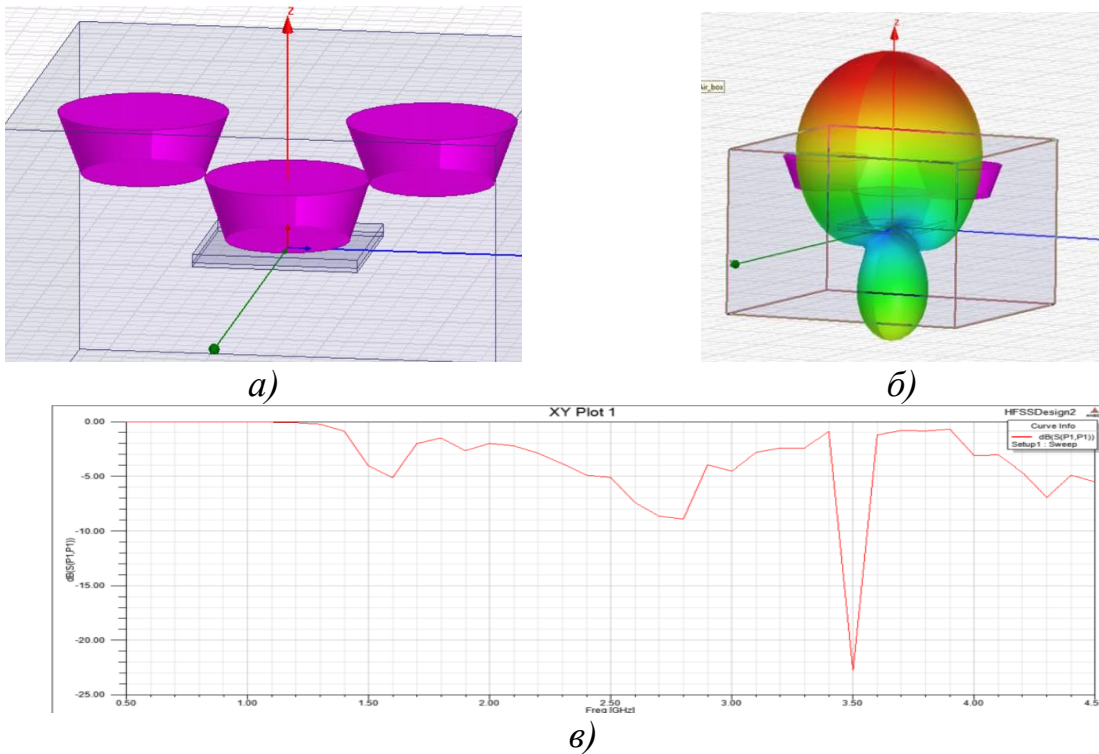


Рис. 3. Перший варіант квазіфрактальної ДРА (3 елемента):
а) – геометрія антени; б) – 3D ДС; в) – АЧХ антени

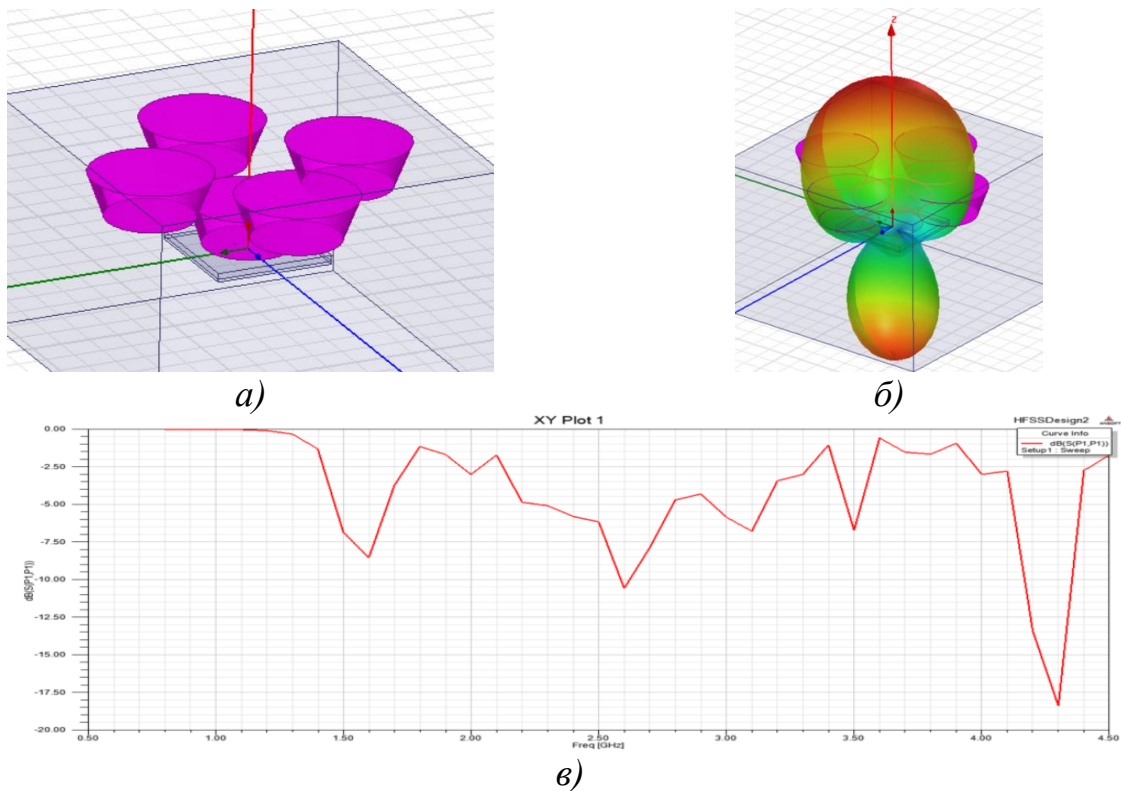


Рис. 4. 5-елементна квазіфрактальної ДРА: а) геометрія антени;
б) 3D ДС; в) АЧХ антени

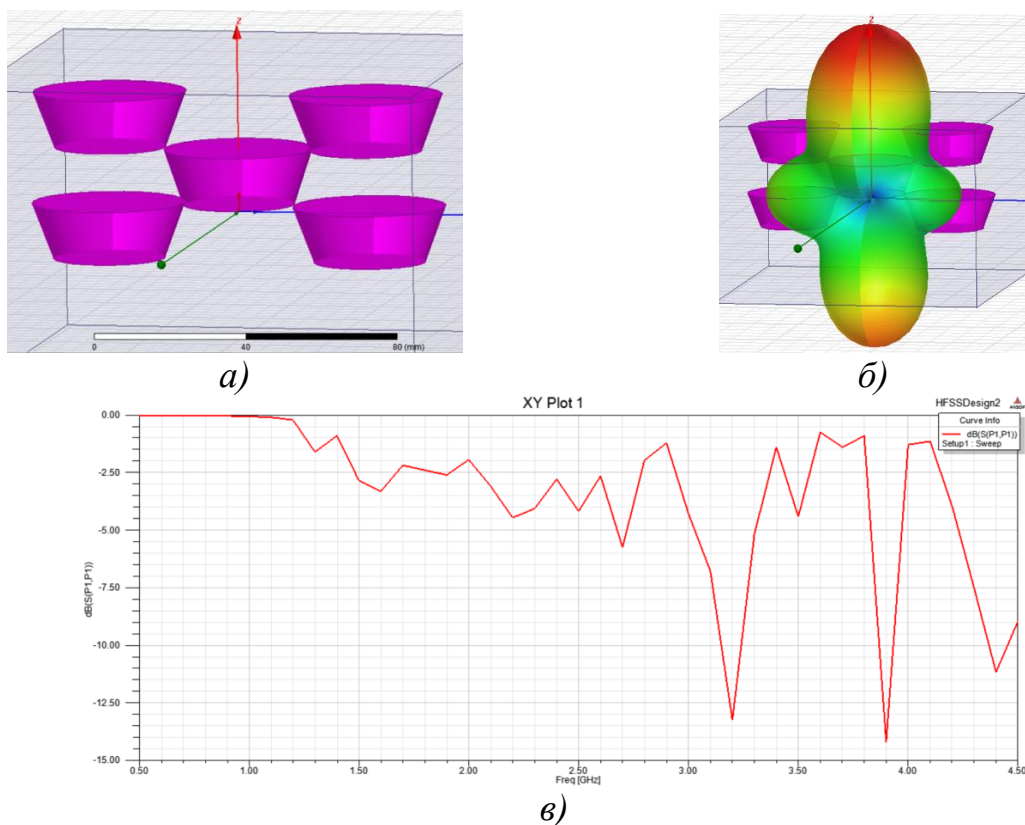


Рис. 5. Квазіфрактальна ДРА з вертикальним розташуванням 5-ти елементів: а) геометрія антени; б) 3D ДС; в) АЧХ антени

Таке розміщення елементів антени дозволяє ще дещо зменшити максимальне значення нерівномірності АЧХ (до 13 дБ), проте, як і раніше, вказана нерівномірність означає досить великі втрати. Крім того, результуюча ДС містить яскраво виражені пелюстки бічного випромінювання.

Проаналізувавши всі вище наведені моделі можна зробити висновок, що взаємне розташування елементів антени має досить значний вплив на ДС і АЧХ. Розташовуючи елементи на різних рівнях вертикальної площини, неодмінно отримуємо пелюстки бічного або зворотного випромінювання різної, проте досить суттєвої інтенсивності. Як наслідок, логічним є припущення щодо доцільності розташування усіх елементів у горизонтальній площині, яке може виправити зазначені недоліки.

Таким чином, четвертий варіант моделі антени проектується на основі 5-ти усічених конусів, що розміщені у горизонтальній площині (відповідно, один з елементів є центральною основою антени, а 4 інших розміщені навколо основного (рис. 6,а).

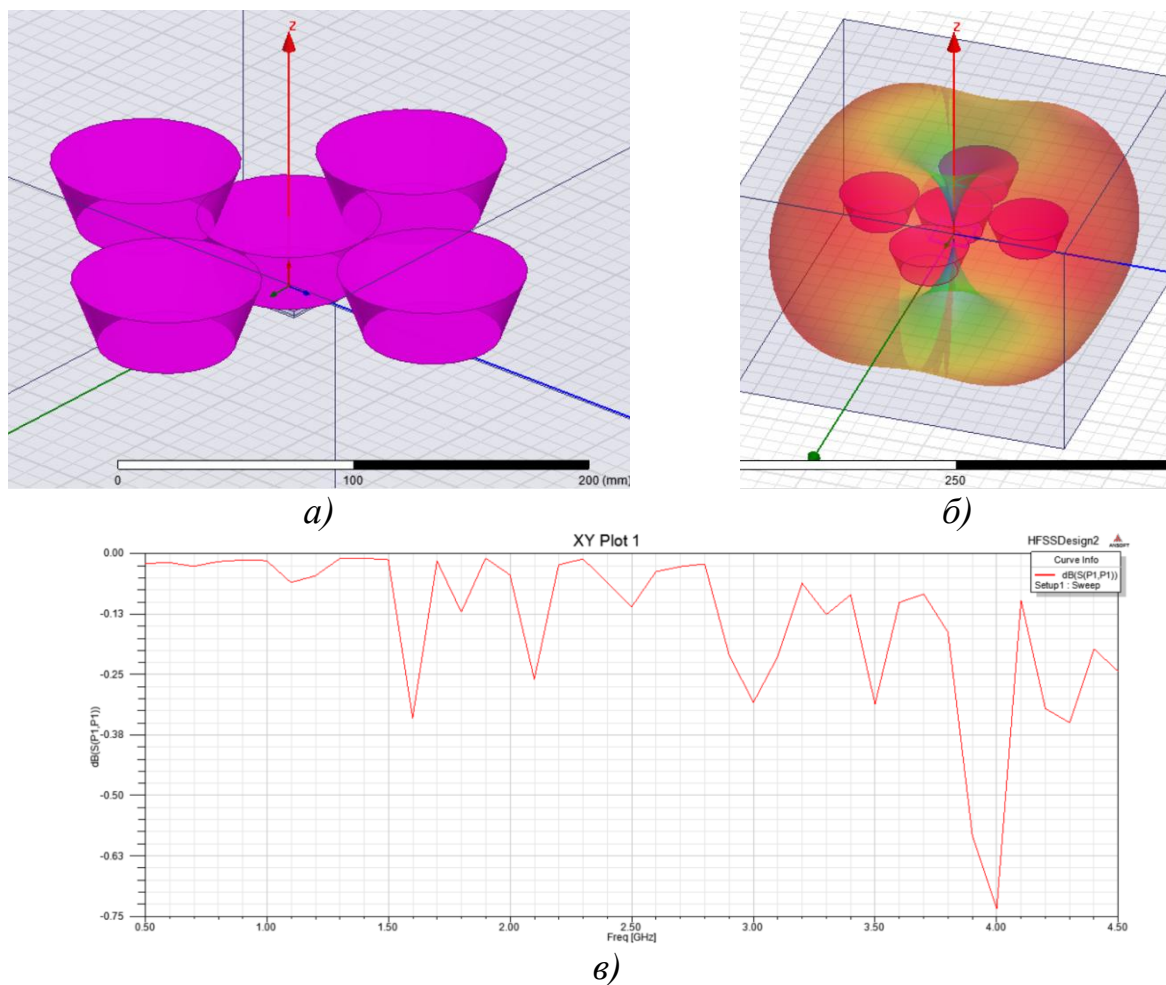


Рис. 6. Квазіфрактальна ДРА з горизонтальним розташуванням 5-ти елементів: а) геометрія антени; б) 3D ДС; в) АЧХ антени

В цілому, отримані результати підтверджують справедливість адекватність попередньо зробленого припущення. Розміщення елементів ДРА в горизонтальній площині дозволяє позбутися небажаної пелюстки зворотного випромінювання в ДС. При цьому, максимальне значення нерівномірності АЧХ складає лише 0,7 дБ в діапазоні частот 3,5÷4,5 ГГц.

Висновки

Таким чином, наведені в роботі варіанти 3D-моделі ДРА на основі фрактального підходу забезпечують покращення просторово-частотних параметрів антени. Подальші дослідження спрямовані на визначення залежності параметрів антен від варіантів комбінації з іншими фрактальними структурами, що розглядаються в теорії антен неевклідової геометрії, а також зміни характеристик матеріалу діелектрика.

Посилання

1. Слюсар В.И. Фрактальные антенны. Принципиально новый тип «ломаных» антенн. / Слюсар В.И. // *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2007. – № 6. – С. 82-89.
2. Слюсар В.И. Диэлектрические резонаторные антенны. / Слюсар В.И. // *Электроника: наука, технология, бизнес*. – 2007. – № 2. – С. 28-37.
3. Банков С.Е. Расчет антен и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft. / Банков С.Е., Курушин А.А. – М.: ЗАО «НПП «РОДНИК», 2009. – 256 с.
4. Перерва Л.М. Фрактальное моделирование: учебное пособие/ Перерва Л.М., Юдин В.В. // под общ. ред. В.Н. Гряника. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007. – 186 с.
5. Потапов А.А., Шифрин Я.С., Кузеев Р.Р. Генетические и самоаффинные методы проектирования фрактальных антенн// *Антенны*, 2014. – № 3. – С. 25-48.
6. Слюсарь І.І. Метаматеріали в антенах засобів мобільного зв'язку. / Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Задорожний Р.С. // *Проблеми інформатизації: Матеріали III-ої міжнародної НТК – Черкаси, ЧДТУ; Баку: ВА ЗС АР; Бельско-Бяла: УТiГН; Полтава: ПолтНТУ*, 2015. – С. 54.

Authors:

Mykolenko O.S., Slyusar V.I., Slyusar I.I.

The dielectric resonator antenna based on a truncated cone

Abstract. The purpose of this study is to examine configurations of quasi-fractal 3D-antennas, which are based on using a truncated cone as the basic element. As part of the research, the directivity patterns and the amplitude frequency responses were investigated, as well as their dependence on mutual arrangement of the elements. This paper provides the results of antenna simulations performed with Ansys HFSS.

Keywords: antenna, directivity pattern, fractal, Ansys HFSS.

Авторы:

Миколенко О.С., Слюсар В.И., Слюсарь И.И.

Диэлектрическая резонаторная антенна на основе усеченного конуса

Аннотация. В работе предложены варианты моделей квазифрактальных 3D-антен, в которых в качестве базового элемента использован усеченный конус. В работе было рассмотрено диаграммы направленности и амплитудно-частотные характеристики антенн, а также исследованы их зависимости от взаимного расположения элементов антенны. Приведено результаты моделирования антенн в пакете Ansys HFSS.

Ключевые слова: антенна, диаграмма направленности, фрактал, Ansys HFSS.