

УДК 621.396.677.3

ДВУХКОЛЬЦЕВАЯ ПЛАНАРНАЯ АНТЕННА

Куцук К.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
kirkuck@gmail.com*

ДВОКІЛЬЦЕВА ПЛАНАРНА АНТЕНА

Куцук К.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
kirkuck@gmail.com*

DOUBLE RING PLANAR ANTENNA

Kutsuk K.V.

*O. S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.
kirkuck@gmail.com*

Аннотация. Исследованы электродинамические свойства антенны в виде двух копланарных плоских тонких колец из проводящего материала. На основе компьютерного моделирования рассчитаны и проанализированы частотные зависимости входного импеданса, коэффициента стоячей волны, коэффициента направленного действия. Осуществлен сравнительный анализ характеристик исследуемой антенны с аналогичными параметрами кольцевой рамки. В результате исследования было определено, что к преимуществам рассматриваемой антенны можно отнести широкополосность и высокие значения направленных свойств. Исходя из анализа электродинамических параметров исследуемой антенны, возможными областями ее применения являются системы мобильной связи.

Ключевые слова: КНД, КСВ, входной импеданс, кольцевые антенны.

Анотація. Досліджені електродинамічні властивості антен у вигляді двох копланарних плоских тонких кілець з матеріалу, що добре проводить. На основі комп'ютерного моделювання розраховані та проаналізовані частотні залежності вхідного імпедансу, коефіцієнта стоячої хвилі, коефіцієнта спрямованої дії. Здійснено порівняльний аналіз характеристик досліджуваної антени з аналогічними параметрами кільцевої рамки. В результаті дослідження було відзначено, що до переваг антени, яка розглядається, можна віднести широкополосність та високі значення спрямованих властивостей. Виходячи з аналізу електродинамічних параметрів антени, можливими областями її застосування є системи мобільного зв'язку.

Ключові слова: КСД, КСХ, вхідний імпеданс, кільцеві антени.

Abstract. Electrodynamics properties of the antenna in the form of two coplanar flat thin conductive rings are investigated. The frequency dependences of the input impedance, standing wave coefficient, directivity were calculated and analyzed by computer modeling. A comparative analysis of the testing characteristics of the antenna with the same parameters of the ring frame was done. The study determined that the wideband and the high value of directional properties are advantages of antenna. Different mobile communication systems are possible areas of application of the test antenna, based on the analysis of its electrodynamic parameters.

Key words: directivity, VSWR, input impedance, ring antennas.

Развитие принципов построения радиоэлектронных устройств приводит к необходимости разработки новых антенных элементов, совмещающих требуемые электродинамические параметры с малыми размерами.

Недостатком многих малоразмерных антенн является узкополосность, ограничивающая их практическое применение. Наиболее известным из таких антенных

элементов является кольцевая рамка (КР), свойства которой детально рассмотрены и проанализированы во многих работах [1...3].

Однако, до настоящего времени не изучены электродинамические характеристики двухэлементной антенны, образованной из копланарных колец (одно из которых расположено во внутреннем пространстве другого). Полученную конструкцию можно назвать двухкольцевой планарной антенной (ДПА).

Целью статьи является исследование и анализ частотных свойств указанной выше антенны.

Геометрия моделей антенн. Исследуемая двухкольцевая планарная антенна (рис. 1,а) состоит из двух копланарных плоских тонких (толщиной 0,5 мм) проводящих колец (внешнего и внутреннего) шириной $d = 2$ мм каждое. Внутреннее кольцо смещено относительно внешнего так, что минимальное расстояние δ между ними составляет 2 мм.

Радиус R_1 внешней окружности большого кольца равен $0,25\lambda_0$ (где λ_0 – расчетная длина волны, соответствующая частоте 2,5 ГГц), а радиус малого кольца $R_2 = \tau R_1$ (где $\tau = 0,6$ – масштабный коэффициент). При этом источник питания посредством тонкого проводника (штыря) соединяющего края колец в том месте, где расстояние между ними минимально.

В качестве сравнения была выбрана планарная кольцевая рамка (рис. 1,б) размеры которой соответствуют параметрам внешнего кольца двухкольцевой планарной антенны.

Для исследования электродинамических параметров двухкольцевой планарной антенны проведены расчеты, основанные на численном моделировании в среде компьютерного комплекса программ FEKO [4], анализе полученных результатов и сравнении их с аналогичными характеристиками кольцевой рамки.

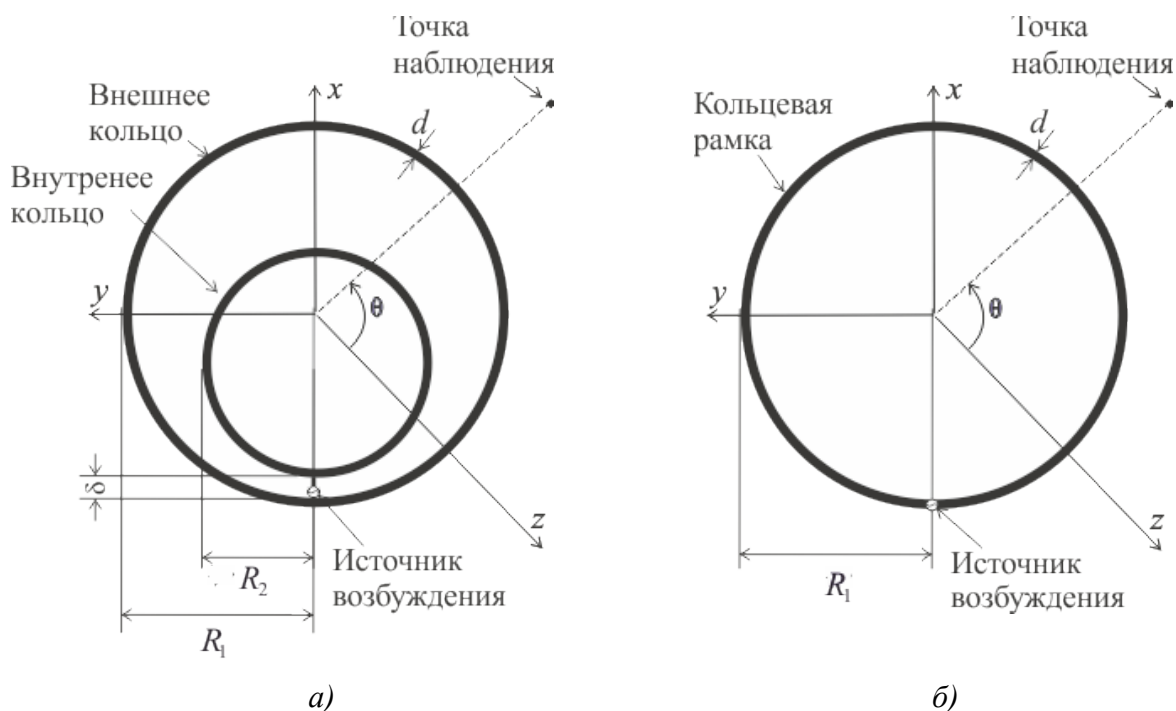


Рисунок 1 – Исследуемые модели антенн:
 а) двухкольцевая планарная антенна; б) кольцевая рамка

Методика исследования. Расчет представленных ниже электродинамических характеристик проводился путем численного моделирования в среде программного комплекса FEKO. Математической базой комплекса для решения дифракционных задач являлся метод моментов, заключающийся в разбиении плоскости антенны на треугольные сегменты. При этом, размеры треугольников должны быть достаточно малы по сравнению с

длиной волны, чтобы поле в их пределах можно описать простой функцией или набором функций с неизвестными коэффициентами. Данные коэффициенты определяются исходя из уравнений Максвелла и граничных условий. В результате электродинамическая задача сводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно этих коэффициентов.

Для обеспечения необходимой точности расчетов, стороны треугольников разбиения взяты равными $\lambda_0 / 100$.

С помощью указанного выше метода находились значения амплитудно-фазового распределения (АФР) токов на поверхности. С их помощью осуществлялось нахождение частотных зависимостей входного импеданса, коэффициента стоячей волны. Для определения направленных свойств антенн проводился расчет амплитуд поля в дальней зоне.

Расчеты всех характеристик выполнялись на дискретных частотах, равномерно распределённых в диапазоне от 0,5 до 3,5 ГГц с интервалом 10 МГц. Выбранный частотный диапазон, в частности, охватывает полосы частот, соответствующие стандартам *CDMA*, *WCDMA*, *Wi-Fi* и *WiMAX*.

Результаты численного моделирования. На представленных ниже рисунках приведены графики частотных зависимостей электродинамических параметров двухкольцевой планарной антенны (отмечено цифрой 1) и кольцевой рамки (отмечено цифрой 2).

Особенностями, характеризующими входной импеданс, являются резонансные частоты на которых $\text{Im } Z \cong 0$, и вариации значений действительной (рис. 2,а) и мнимой (рис. 2,б) частей входного импеданса.

Для частотных зависимостей входного импеданса характерно чередование областей, где мнимая часть входного импеданса обращается в нуль, т.е. имеют место резонансы «параллельного» и «последовательного» типов.

Анализ представленных на рисунках графиков позволяет отметить, что кривые, характеризующие ДПА (1), более «сглажены» по сравнению с аналогичными зависимостями, характеризующими КР (2). Отдельно следует отметить, что значение входного импеданса ДПА в области частот (1,8...2,8 ГГц), в отличии от кривой КР, изменяется незначительно и составляет примерно 180 Ом. Полученный эффект может быть связан с активностью в данной полосе частот малого кольца антенны, а большое кольцо выступает в качестве рефлектора.

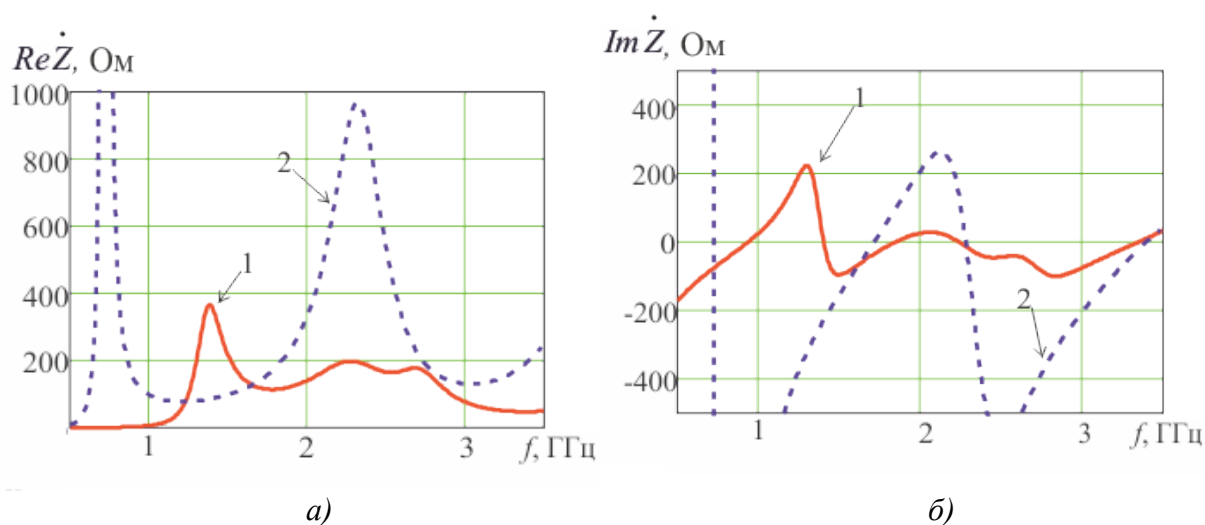


Рисунок 2 – Частотные зависимости входного импеданса:
 а) действительная часть; б) мнимая часть

Указанная особенность ДПА приводит к увеличению полосы рабочих частот, что представлено на графике частотной зависимости КСВ (рис. 3). При построении этих графиков величина активного сопротивления нагрузки выбрана для ДПА равной 180 Ом, а для КМ равной 170 Ом.

Как видно из графика, область частот ДПА (рис. 3,а), в которой $K_{СВ} \leq 2$ практически идентична области, где наблюдается малое колебание входного импеданса. Соответственно перекрытие по частоте (f_{max} / f_{min}) области, где $K_{СВ} \leq 2$ у ДПА составляет 2,02. У кольцевой рамки перекрытие по частоте составляет только 1,17.

На рис. 3,б представлены частотные зависимости коэффициента направленного действия (КНД) в направлении нормали к плоскости двухкольцевой планарной антенны и кольцевой рамки.

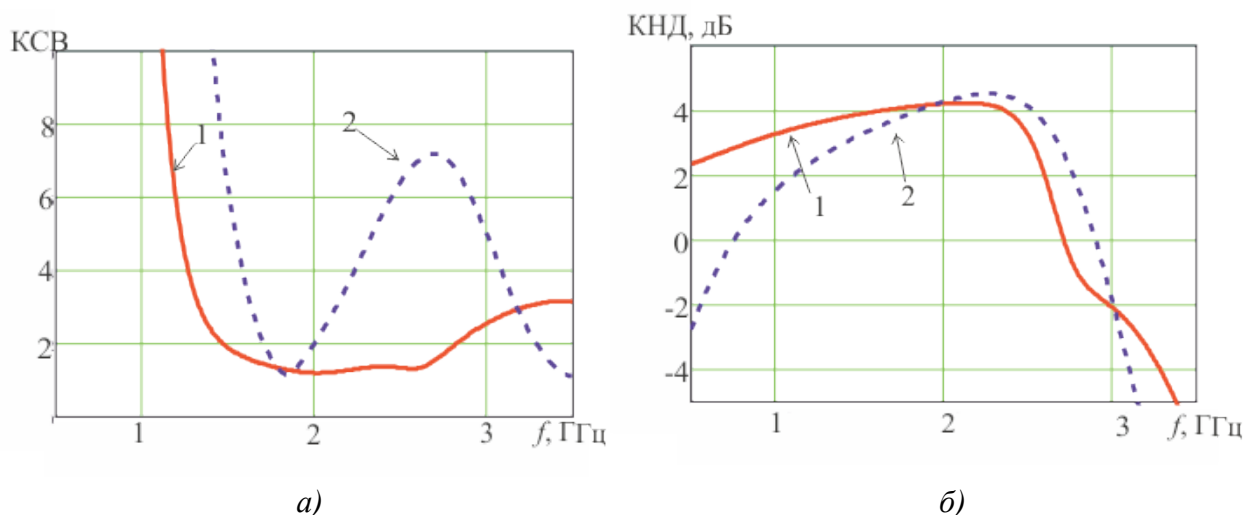


Рисунок 3 – Частотные зависимости: а) КСВ; б) КНД

График частотной зависимости показывает, что КНД двухкольцевой планарной антенны плавно изменяется в полосе (0,5...2,5 ГГц) и достигает максимального значения 4,26 дБ, значительно превышая КНД кольцевой рамки. На частотах выше 2,7 ГГц направленные свойства рассматриваемых антенн слабо выражены.

Результаты приведенных расчетов, основанные на численном решении дифракционной задачи, позволяют сделать обоснованное заключение о достоинствах и недостатках рассматриваемой антенны.

Анализ результатов расчетов позволяет указать на значительные преимущества двухкольцевой планарной антенны по сравнению с кольцевой рамкой, заключающиеся в расширении полосы частот, в которой входной импеданс изменяется незначительно. Это приводит к тому, что для исследуемой антенны перекрытие по частоте составляет 2,02. Также следует отметить большее значение КНД исследуемой антенны по сравнению с кольцевой рамкой на большей части исследуемой полосы частот.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения исследуемой антенны в системах *CDMA*, *WCDMA*, *Wi-Fi*, *WiMAX* и в устройствах измерения напряженности электромагнитных полей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ / Сазонов Д.М. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.
2. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн / [Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский Г.Н.]. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 491 с.
3. Ротхаммель К. Антенны / Ротхаммель К. – Т. 1 – М.: ДМК Пресс, 2011. – 412 с.
4. Банков С.Е. Расчет излучаемых структур с помощью FEKO / С.Е. Банков, А.А. Курушин. – М.: ЗАО «НПП «Родник», 2008. – 245 с.

REFERENCES:

1. Sazonov D.M. Antennas and devices UHF. Moscow: "Higher school", (1988).
2. Yerokhin G.A., Chernyshov O.V., Kozyrev N.D., Kocherzhevsky G. N. Antenna-feeder devices and distribution of radio waves. Moscow: "Hot line – Telecom", (2004).
3. Rothammel K. Antennabook. Moscow: "DMK Press", (2011).
4. Bankov C.E., Kurushin A.A. Calculation of the radiated structures by means of FEKO. Moscow: JSC "NPP "Rodnik", (2008).