

Исследование характеристик резонаторной антенны

В.А. Бухарин, Н.И. Войтович

Представлены результаты строгого дифракционного моделирования плоской резонаторной антенны и экспериментальные результаты исследований на реальных образцах антенны. Приведены основные характеристики резонаторной антенны. Указаны перспективы дальнейших исследований с целью применения антенны в монолитных приёмо-передающих устройствах.

Ключевые слова: резонатор; электромагнитное поле; антенная решётка.

Введение

Плоские резонаторные антенны (РА) с частично прозрачной поверхностью [1, 2] имеют простую конструкцию и высокие электродинамические характеристики. В резонаторной антенне нет привычного, громоздкого, разветвлённого фидерного тракта, состоящего из переходов, делителей мощности, трансформаторов и линий передачи электромагнитной энергии различного типа. В РА роль делителя мощности выполняет резонатор, а роль излучающей апертуры – внешняя поверхность одной из его стенок, выполненная в виде частично прозрачной пластины. Принцип работы РА основан на синфазном возбуждении излучающих элементов частично прозрачной стенки резонансной модой основного колебания объёмного резонатора антенны. Резонаторные антенны обладают высокой пространственно-временной избирательностью.

Постановка задачи

Целью работы является исследование электродинамических характеристик РА, построенной на основе цилиндрического резонатора (рис. 1), возбуждаемого щелевыми излучателями. Резонаторная антенна выполнена из алюминиевого сплава и представляет собой низкий объёмный цилиндрический резонатор с частично прозрачной стенкой. Частично прозрачная стенка является излучающей апертурой антенны. Диаметр РА $1,85\lambda$.

Частично прозрачная стенка изготовлена из металлической пластины с круглыми отверстиями. Диаметр отверстий, расстояние между отверстиями и толщина металлической пластины таковы, что при падении плоской волны по нормали к пластине коэффициент прохождения электромагнитной волны равен 0,4.

Метод решения задачи

Проводились численные эксперименты и натурные эксперименты на реальных образцах РА. Численный анализ РА проводился в строгой постановке прямым пространственно-временным методом.

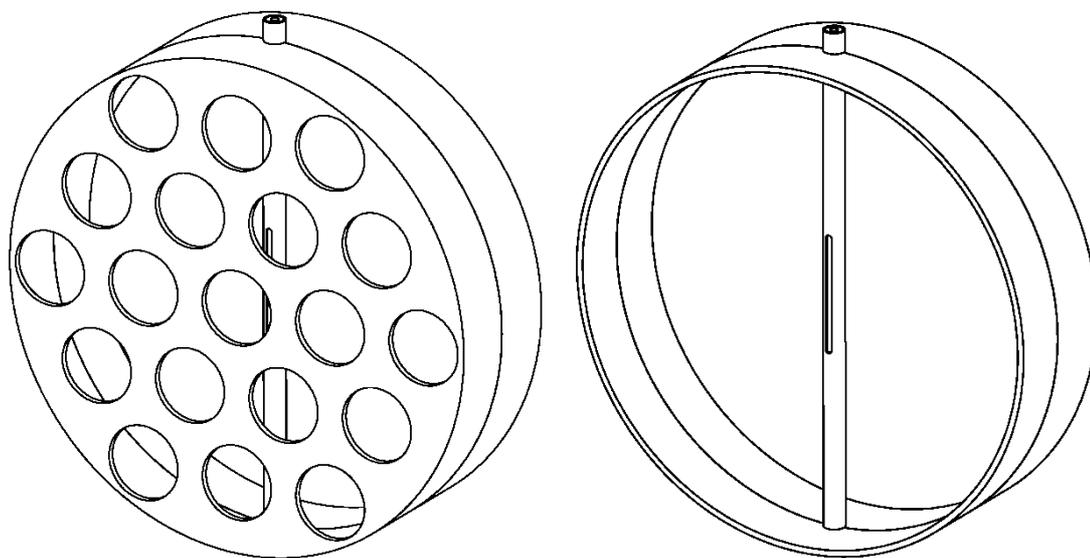


Рис. 1. Плоская резонаторная антенна с частично прозрачной стенкой и без неё

Прямой временной метод решает обобщённую на четырёхмерное пространство краевую электродинамическую задачу. В отличие от традиционных частотных методов, он определяет характеристики исследуемых объектов, непосредственно зависящие от времени, при этом частотные характеристики являются лишь результатом дальнейшей обработки временных характеристик. Электродинамическая структура может возбуждаться произвольными сигналами. Важным случаем является воздействие короткого видеоимпульса, возбуждающего практически все возможные типы собственных колебаний исследуемого объекта, что делает высоко информативной наблюдаемую реакцию, развёрнутую во времени.

Полученные результаты

На рис. 2 представлены результаты моделирования дифракции плоской монохроматической волны на оригинальной РА [1, 2] в различные моменты времени. На рис. 3 изображено строение электромагнитного поля вблизи антенны в некоторый момент времени, когда сформировался автономный вихрь волны, удаляющейся от антенны.

На рис. 4 представлены расчётные и экспериментальные амплитудные диаграммы направленности РА в плоскости вектора напряжённости электрического поля (*a*) и в плоскости вектора напряжённости магнитного поля (*b*) на частоте $1,0074f_0$, где f_0 – резонансная частота антенны.

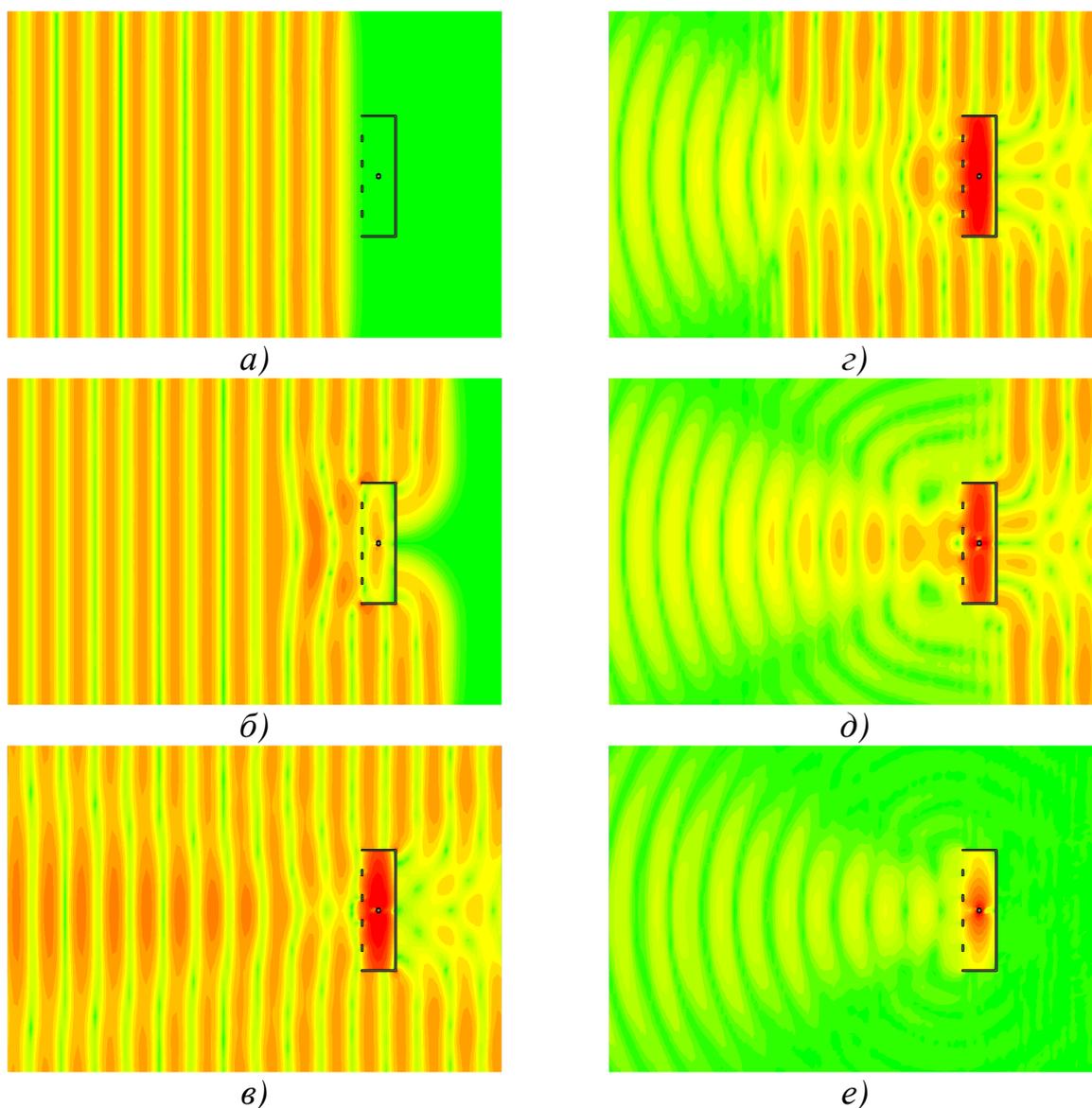


Рис. 2. Пространственно-временная эволюция электромагнитного поля при падении плоской волны на резонаторную антенну

Измерения на действующем образце антенны показали, что уровень бокового излучения не превышает минус 30 дБ, а кроссполяризованного излучения в главных плоскостях не более чем минус 35 дБ. Согласование антенны обеспечивается в рабочей полосе частот не более 2,5 процентов. Коэффициент стоячей волны не превышает 1,2.

Исследуемая антенна может быть использована в качестве самостоятельной передающей или приёмной, а так же приёмопередающей антенны в системах спутниковой, самолётной и наземной связи, в аэродромных системах навигации и посадки самолётов. Она может служить излучающим элементом в антенных решётках и гибридных антеннах.

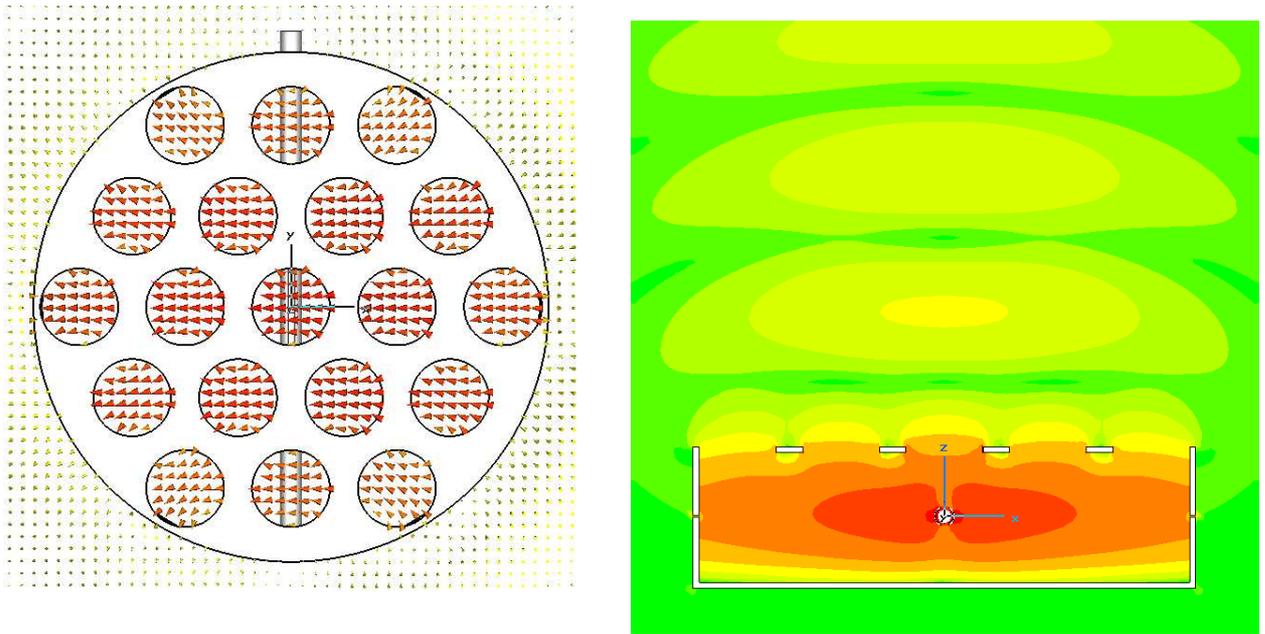
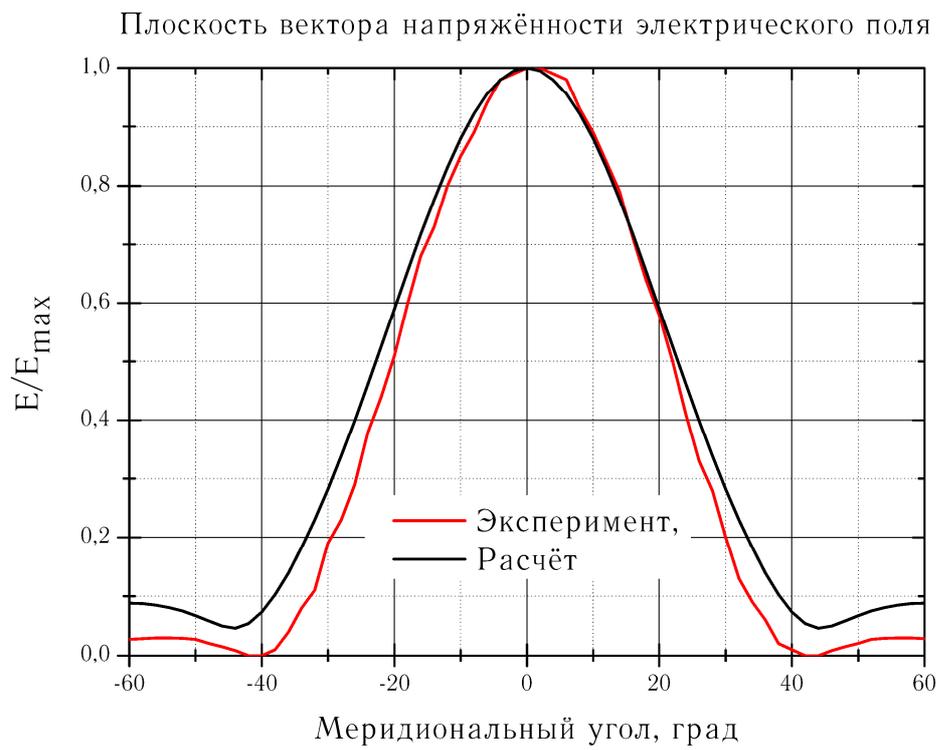


Рис. 3. Структура электрического поля в плоской резонаторной антенне



a)

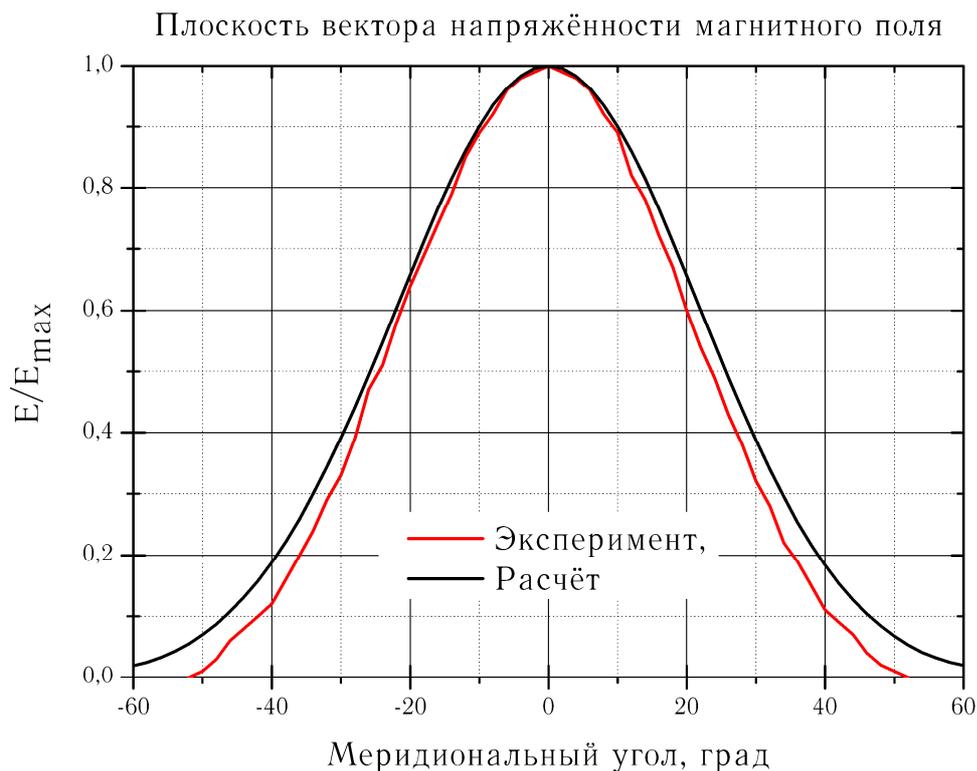


Рис. 4. Амплитудные диаграммы направленности резонаторной антенны

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о том, что резонаторная антенна, обладает уникальными электродинамическими и конструкторско-технологическими характеристиками. Она может быть использована в тех областях, где требуется высокий уровень электромагнитной совместимости и пространственно-временная избирательность радиотехнических систем при минимальных размерах антенны. РА имеет высокий коэффициент полезного действия, низкий уровень бокового и заднего излучения, низкий уровень кроссполаризационного излучения и малую шумовую температуру.

В дальнейших исследованиях целесообразно, с целью применения антенны в монолитных приёмо-передающих устройствах, провести анализ РА с нелинейными и нестационарными активными элементами.

Библиографический список

1. Бухарин, В. А. Плоская резонаторная антенна / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович, Н.Н. Репин // Сборник трудов Второй Всероссийской научно-технической конференции «РАДИОВЫСОТОМЕТРИЯ-2007». – Екатеринбург: ИД «Третья столица», 2007. – С. 160-164.
2. Бухарин, В. А. Влияние температуры на параметры резонаторной антенны / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович // Сборник трудов Третьей Всероссийской научно-

технической конференции «РАДИОВЫСОТОМЕТРИЯ-2010». – Екатеринбург: Изд-во ООО «Форт Диалог-Исеть», 2010. – С. 188-192.

Research of characteristics of the resonator antenna

V.A. Bukharin, N. I. Voytovich

Results of strict diffraction modeling of the flat resonator antenna and experimental results of researches on real samples of the antenna are presented. The main characteristics of the resonator antenna are provided. Prospects of further researches for the purpose of use of the antenna in monolithic send-receive devices are specified.

Keywords: resonator; electromagnetic field; antenna lattice.

References

1. V.A. Bukharin, N. I. Voytovich, N. N. Repin *Ploskaya rezonatorny antenna. Sbornik trudov II Vserossiyskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Radiovysotometriya-2007"* [Flat Resonator Antenna. Collection of Works of the II All-Russian Scientific and Technical Conference "Radiovysotometriya-2007"]. Ekaterinburg, "The third capital" Publ., 2007, pp. 160–164.

2. V. A. Bukharin, N. I. Voytovich *Vliyanie temperatury na parametry rezonatornoi anteny. Sbornik trudov III Vserossiyskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Radiovysotometriya-2010"* [Influence of Temperature on Parameters of the Resonator Antenna]. Collection of works of the Third All-Russian Scientific and Technical Conference "Radiovysotometriya-2010". Ekaterinburg, Fort Dialog-Iset Publ., 2010, pp. 188-192.