

УДК 621.396.67

**НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ.
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ**

Ю.Ю. БОБКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 6 марта 2004*

В статье приводятся результаты численного моделирования новой конструкции рамочной антенны, состоящей из кольцевой рамки и вибратора, помещенного по диаметру рамки. Анализируется влияние геометрических параметров вибратора и кольцевой рамки на входное сопротивление, диаграмму направленности и коэффициент направленного действия в диапазоне длин волн. Численный анализ производится с использованием интегрального уравнения для тока в тонком проводнике.

Ключевые слова: рамочная антенна, метод моментов, согласование в широком диапазоне длин волн.

Введение

В [1] предложена и кратко описана рамочная антенна, которая может быть использована в качестве приемной телевизионной антенны и антенны линий радиосвязи метрового и дециметрового диапазонов. Антенна содержит кольцевую рамку, разомкнутую в двух диаметрально-противоположных точках, а также возбуждаемый от линии передач симметричный линейный вибратор с образованием зазора между концами вибратора и рамкой. На рис. 1,а схематически показана конструкция антенн, на рис. 1,б — кольцевая рамка и ее параметры.

В [1] приведены размеры элементов антенны, полученные на основе ограниченного числа экспериментов. Целью данной работы является исследование основных закономерностей зависимости параметров и характеристик антенны от геометрических размеров элементов антенны. Эти исследования проводились с использованием метода интегральных уравнений [2].

Методика численного моделирования

Численное решение внутренней задачи теории антенн выполнялось на основе решения интегрального уравнения Поклингтона для тока в тонком проводнике методом моментов. Согласно этому методу, все проводники антенны представляются в виде коротких, прямолинейных отрезков — сегментов. Искомая функция распределения тока ищется в виде разложения по базисным функциям. С использованием весовых функций интегральное уравнение для тока сводится к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) для членов ряда разложения. В данной работе в качестве весовых и базисных функций использовались импульсные функции. Использована упрощенная модель возбуждения, в которой стороннее поле задавалось только в зазоре между точками в виде импульса напряжения.

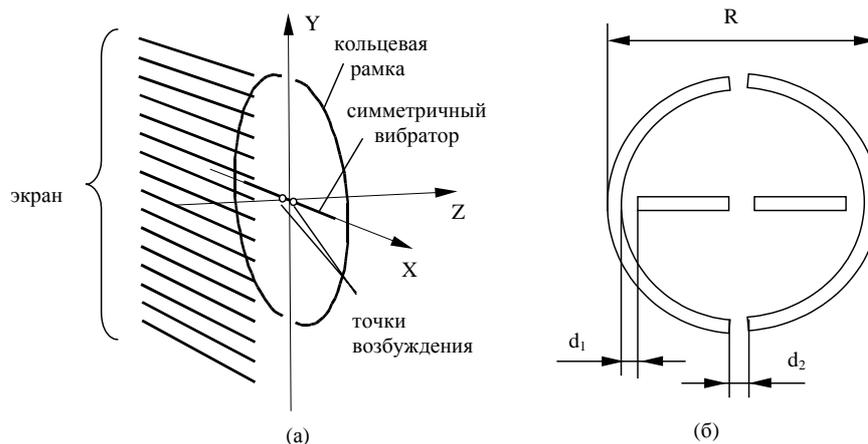


Рис. 1. Конструкция антенны: *a* — общий вид; *б* — кольцевая рамка

От числа сегментов разбиения зависит точность аппроксимации искомой функции тока. При увеличении числа сегментов разбиения увеличивается точность аппроксимации искомой функции тока. Вместе с этим увеличивается порядок СЛАУ, время решения СЛАУ и требования к аппаратным ресурсам ЭВМ, на которой СЛАУ решается. Кроме того, при большом числе сегментов устойчивость решения СЛАУ ухудшается. Поэтому одним из вопросов численного моделирования был вопрос о точности и устойчивости решения интегрального уравнения для тока. В настоящей работе была исследована зависимость значений входного сопротивления антенны на средней и крайних частотах диапазона длин волн с коэффициентом перекрытия, равном 2, от числа сегментов разбиения. Было установлено, что при числе сегментов на длине волны не менее 40–50 и при отношении длины сегмента к диаметру проводника не менее 1,5 входное сопротивление почти не зависит от числа сегментов. При числе сегментов на длине волны, большем 100, происходит искажение распределения тока в области точек питания.

Результаты численного моделирования

Для исследования влияния параметров кольцевой рамки на параметры антенны с помощью разработанной программы были рассчитаны зависимости активного (R) и реактивного (X) входного сопротивления антенны, диаграммы направленности (ДН) и коэффициента направленного действия (КНД) от длины волны λ при различных параметрах кольцевой рамки. Часть результатов показана на рис. 2 для вибратора с длиной 380 мм и кольцевой рамки радиусом 190 мм. Эти размеры выбраны так, чтобы рабочим диапазоном антенны был диапазон длин волн дециметровых телевизионных каналов 21–60. Полученные численные результаты позволяют сделать следующие выводы:

кольцевая рамка существенно изменяет входное сопротивление вибратора; активная часть (R) возрастает и в меньших пределах изменяется при изменении длины волны, изменяется характер зависимости реактивной части от длины волны, величина X становится более отрицательной;

при контакте кольцевой рамки и концов вибратора неравномерность входного сопротивления при изменении длины волны увеличивается;

с возрастанием зазора между кольцевой рамкой и концами вибратора (d_1) и возрастанием разрыва между проводниками кольцевой рамки (d_2) КНД антенны в диапазоне длин волн становится более равномерным, но неравномерность входного сопротивления возрастает.

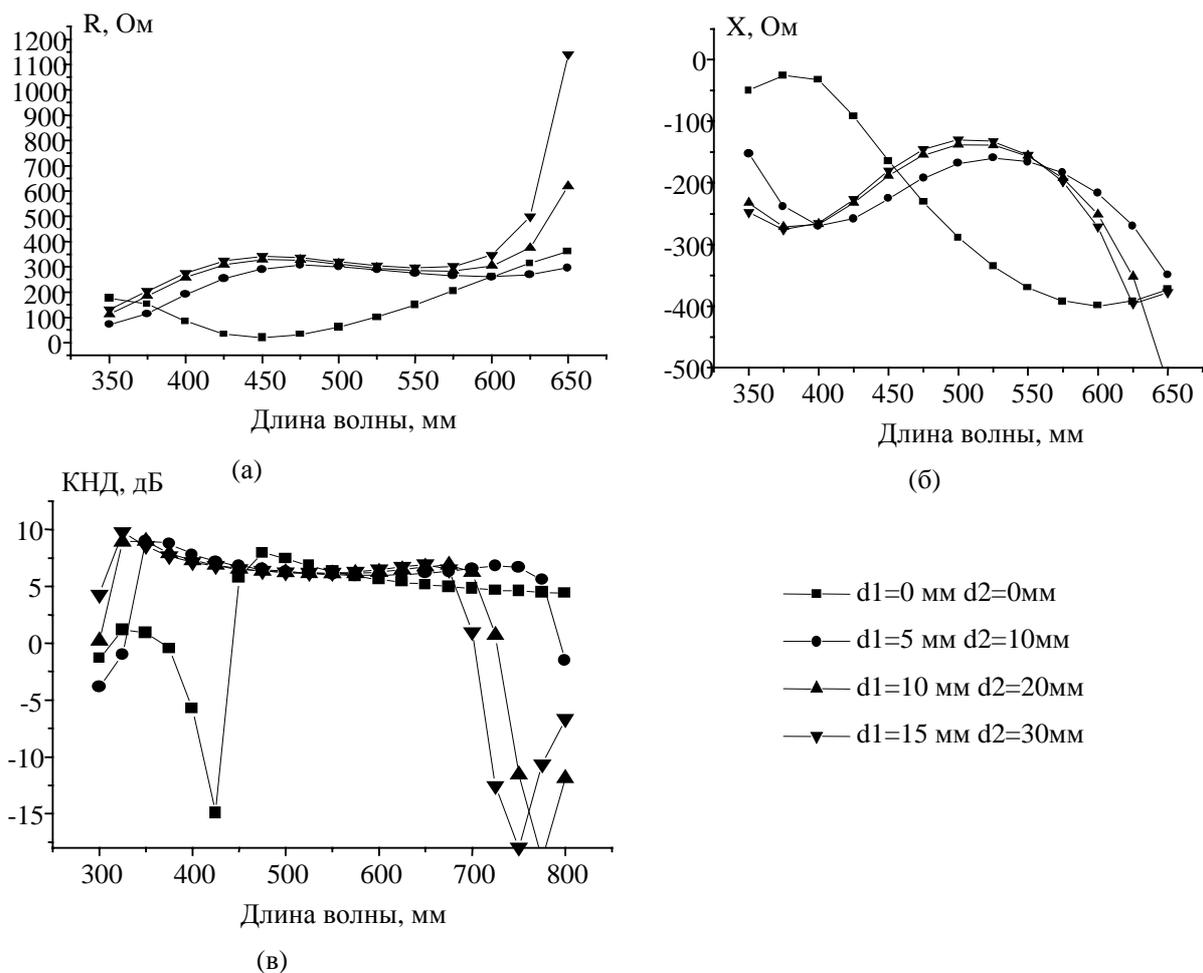


Рис 2. Зависимость активной (а), реактивной (б) части входного сопротивления антенны и КНД (в) от длины волны

С точки зрения наилучшего согласования в диапазоне длин волн 350–700 мм приемлемым вариантом является антенна с зазором между кольцевой рамкой и концом вибратора (d_1), равным 15 мм, и зазором между проводниками кольцевой рамки (d_2), равным 30 мм, а с точки зрения обеспечения равномерного согласования антенны — $d_1=5$ мм, $d_2=10$ мм.

Для исследования влияния экрана из горизонтальных проводников на сопротивление и КНД антенны были получены зависимости входного сопротивления и КНД от длины волны при разном удалении экрана (D_s) от кольцевой рамки. Размеры рамки были выбраны с точки зрения обеспечения равномерного согласования антенны: длина вибратора 380 мм; радиус кольца рамки 190 мм; $d_1=5$ мм; $d_2=10$ мм; ширина и высота экрана равны 460 мм, количество проводников на экране равно 8. Для оценки эффективности использования экрана были получены зависимости обратного излучения (F/B) от длины волны. Полученные зависимости представлены на рис. 3.

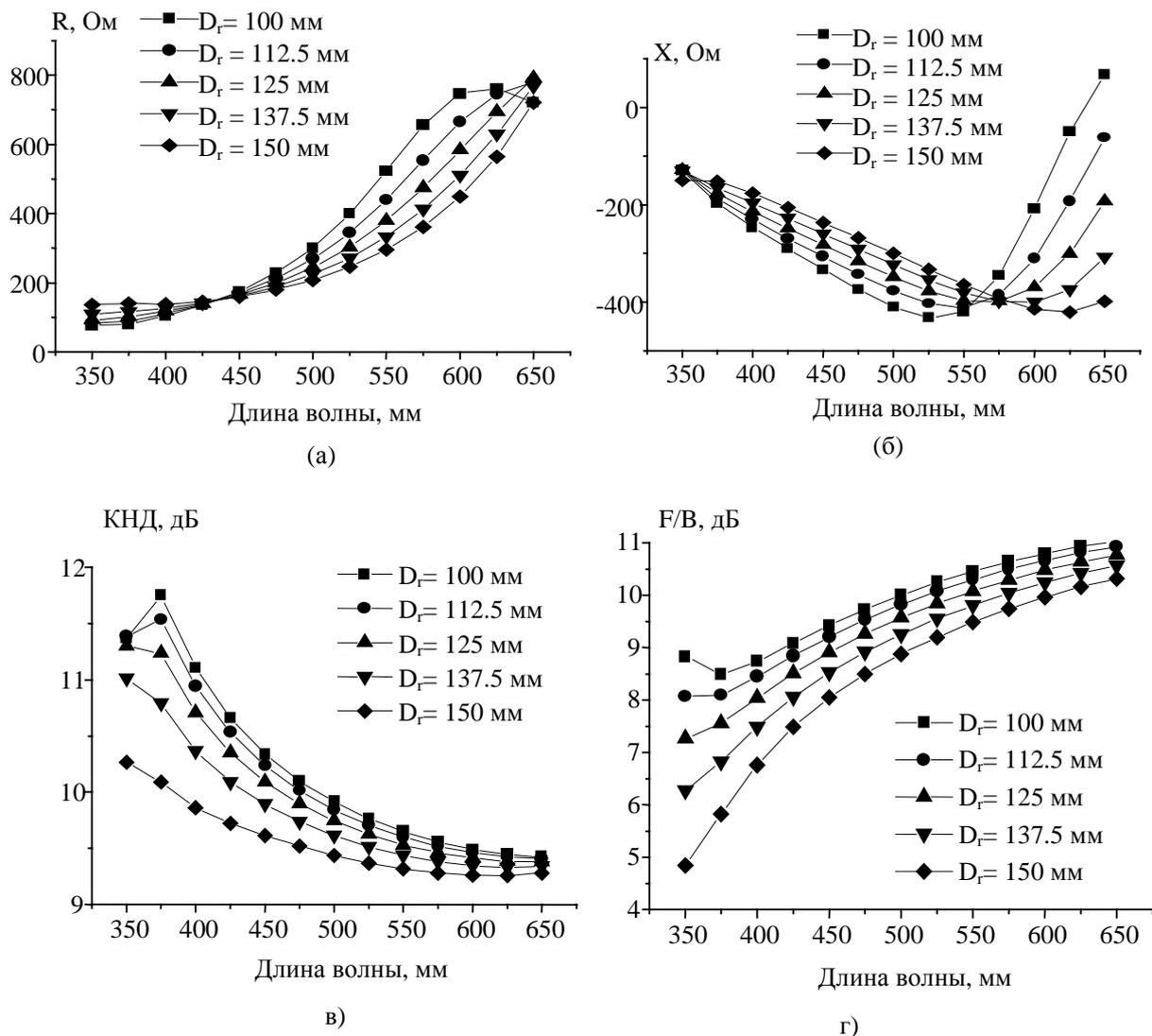


Рис. 3. Зависимость активной (а) реактивной (б) части сопротивления антенны, КНД (в) и уровня обратного излучения (F/B) (г) от длины волны при разном расстоянии D_r между экраном и кольцевой рамкой

Из проведенных расчетов следует:

экран из горизонтальных проводников увеличивает активную и реактивную часть сопротивления антенны, увеличивает КНД антенны примерно на 3 дБ;

сопротивление антенны с экраном в диапазоне длин волн 300–700 мм носит неравномерный характер, особенно реактивная часть сопротивления;

с увеличением расстояния между кольцевой рамкой и экраном неравномерность сопротивления антенны уменьшается, но это приводит к уменьшению КНД и F/B;

в диапазоне длин волн реактивная часть сопротивления антенны наиболее равномерна при расстоянии между экраном и кольцевой рамкой, равном 125 мм (четверть средней длины волны).

Заключение

Проведенное численное моделирование показало, что исследуемая антенна по сравнению с симметричным вибратором более диапазонна и имеет больший коэффициент направленного действия.

NEW LOOP ANTENNA DESIGN. NUMERICAL ANALYSIS AND OPTIMIZATION

Y.Y. BOBKOV

Abstract

The simulation data of a new loop antenna design, that include circular loop and dipole, are adduced in the article. The antenna impedance, antenna pattern, directive gain in wavelength range dependencies on dipole and circular loop geometrical parameters are analyzed in the article. The numerical analysis is realized by integral equation for current in thin wire.

Литература

1. Пат. РБ № 5284 от 22.01.2003. Рамочная антенна / Юрцев О.А., Малевич И.Ю., Бобков Ю.Ю.
2. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры: Пер. с англ. М., 1977.