

УДК 621.396.674.1

## **ВАРИАНТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ РАМОЧНЫХ КООКСИАЛЬНЫХ АНТЕНН**

**В. П. Кисмерешкин, А. В. Колесников**

**Омский государственный технический университет**

Статья получена 9 февраля 2015 г.

**Аннотация.** В работе приведены варианты повышения эффективности малогабаритных рамочных коаксиальных антенн, различающиеся как исполнением излучателя, так и исполнением схемы настройки и согласования. Проанализированы зависимости характеристик таких антенн – действующая высота и добротность – в диапазоне 1,5÷2,5 МГц.

**Ключевые слова:** рамочная коаксиальная антенна, действующая высота, добротность.

**Abstract.** The paper discusses ways to improve the efficiency of electrically small coaxial loop antennas, which differ by the radiating element design and the tuning and matching circuit. Effective height and quality-factor of these antennas were analyzed at the frequency range 1,5÷2,5 MHz.

**Key words:** coaxial loop antenna, effective height, quality-factor.

### **Введение**

К настоящему времени достаточно распространены малогабаритные резонансные рамочные антенны, перестраиваемые в определенном диапазоне частот, некоторые типичные конструкции которых можно найти в ряде источников, например [1, 2]. Это антенны, состоящие из излучающего рамочного элемента, последовательно и/или параллельно подключенного к реактивным элементам, что позволяет производить настройку и согласование.

Применяют также антенны, у которых излучатель выполнен в виде рамки с коаксиальной структурой, например [3, 4, 5]. Отличительной особенностью таких антенн является то, что в настройке и согласовании участвуют как

внутренний проводник, так и внешний проводник излучающего элемента. Они подключены к реактивным элементам настройки, и образуют два связанных контура. Данный класс антенн малоизучен и является интересным для исследования и перспективным в применении. Перспективность заключается в возможности внедрения в радиосистемы, различные по назначению и по используемым диапазонам частот.

В работе представлены результаты исследования различных вариантов рамочной коаксиальной антенны (РКА).

В основу исследования положена антенна, изображенная на рис. 1. Антенна содержит один виток коаксиального излучателя. Внешний и внутренний проводники подключены к конденсаторам переменной емкости последовательно каждый и образуют два связанных контура, подключаемых к фидеру (либо к разделительной схеме). Настройка в резонанс осуществляется так, что из-за взаимной связи между полученными контурами при резонансе токи в них имеют одну и ту же фазу.

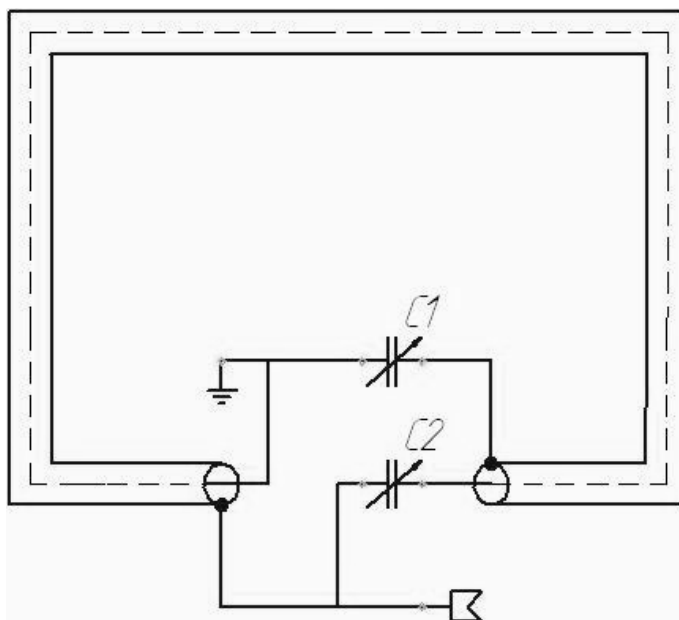


Рис. 1. Схематическое изображение РКА

Электрические размеры антенны принято характеризовать отношением  $r/\lambda$ , где  $r$  – минимальный радиус условной сферы, в которую можно вписать антенный излучатель,  $\lambda$  – длина волны. В работе исследовалась РКА в диапазоне 1,5÷2,5 МГц с излучателем, который может быть вписана в сферу

радиусом один метр. То есть, отношение  $r/\lambda$  имеет пределы изменения от 0,005 на частоте 1,5 МГц до 0,0083 на частоте 2,5 МГц.

Для экспериментального определения характеристик в лабораторных условиях излучатель антенны помещается в поле колец Гельмгольца, которое является аналогом поля дальней зоны. Такая система позволяет измерить характеристики РКА, такие как добротность  $Q$ , действующую высоту  $h_d$  [6]. Ниже изложены результаты, направленные на определение и конкретизацию путей повышения эффективности РКА без изменения отношения  $r/\lambda$ .

### Увеличение количества витков излучающего элемента

Один из возможных вариантов повышения эффективности РКА, как и у любой магнитной антенны – увеличение числа витков излучателя. Ниже приведены графики зависимостей добротности (рис. 2) и действующей высоты (рис. 3) от частоты для антенн с одним (прототип), двумя, тремя и четырьмя витками излучателя (количество витков обозначено соответствующими пометками).

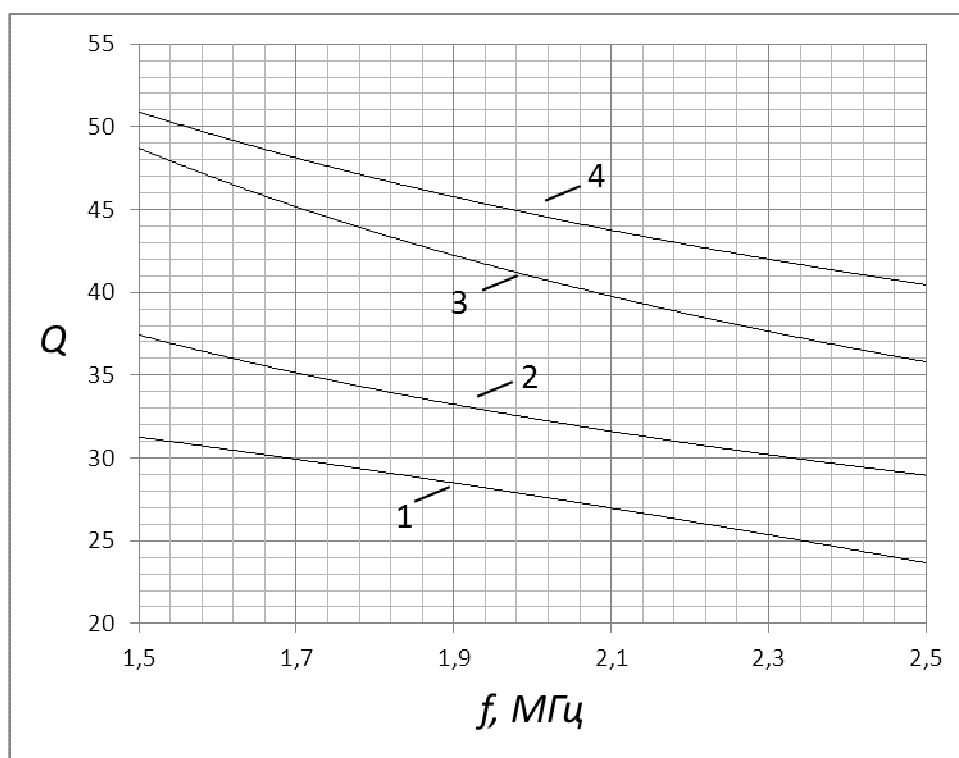


Рис. 2. График зависимостей добротности от частоты однорамочной РКА

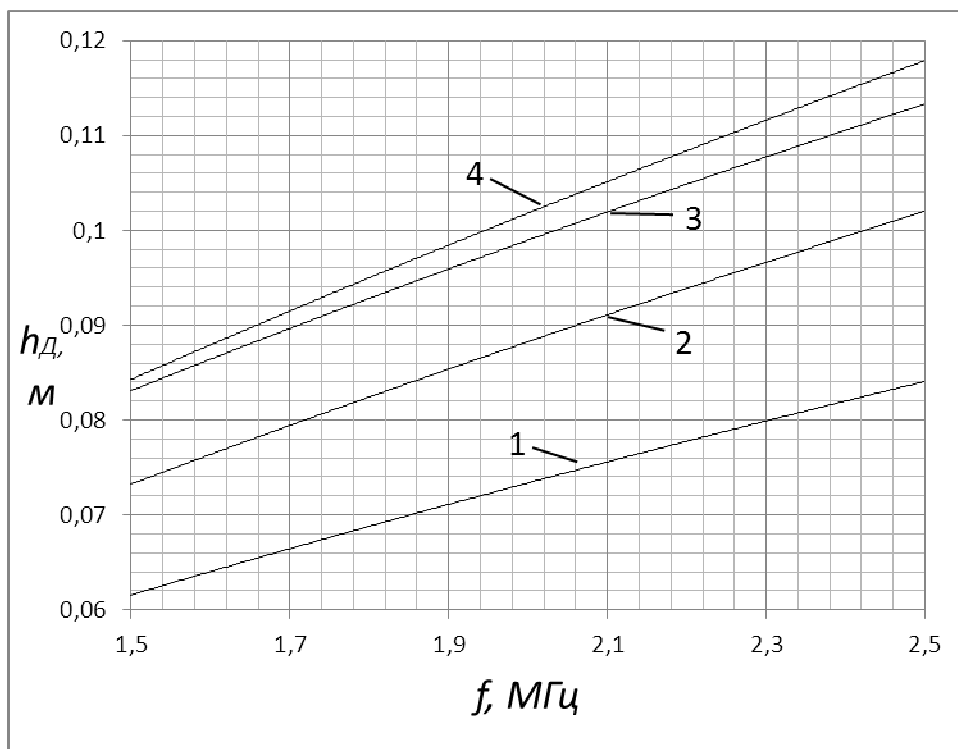


Рис. 3. Графики зависимостей действующей высоты от частоты однорамочной РКА

При этом размеры излучателя не изменяются. Характер зависимостей позволяет сделать вывод, что с увеличением частоты от 1,5 до 2,5 МГц для каждого варианта РКА снижается добротность примерно на десять единиц, при этом действующая высота растет в  $1,3 \div 1,4$  раза. Рост действующей высоты на фоне снижения добротности объясняется увеличением электрических размеров при увеличении частоты.

### Повышение числа параллельно включенных рамок в излучателе

Интересен вариант РКА, изображенный на рисунке 3, в котором излучатель выполнен из нескольких коаксиальных рамок, подключенных параллельно друг с другом. Такое соединение приводит к формированию общей оболочки излучателя из электрически соединенных оболочек рамок и ряду внутренних проводников, настраиваемых отдельно. В случаях с рамочными антеннами, излучатель которых представляет собой проводник без коаксиальной структуры, параллельное соединение рамок было бы эквивалентно только увеличению толщины излучателя. В РКА на рис. 4 видно изменение схемы согласования, за счет чего происходит распределение тока по

всем рамкам, следовательно, увеличение максимально возможной подводимой мощности.

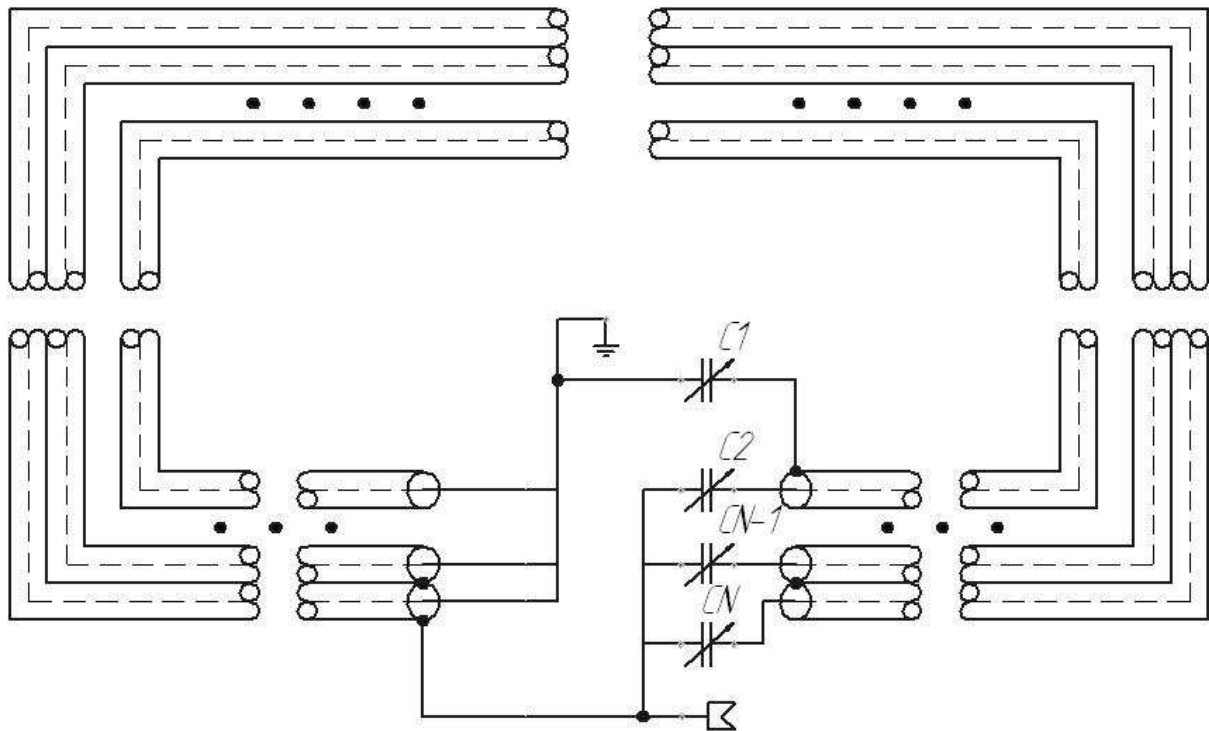


Рис. 4. Схематехническое изображение РКА с параллельно включенными рамками

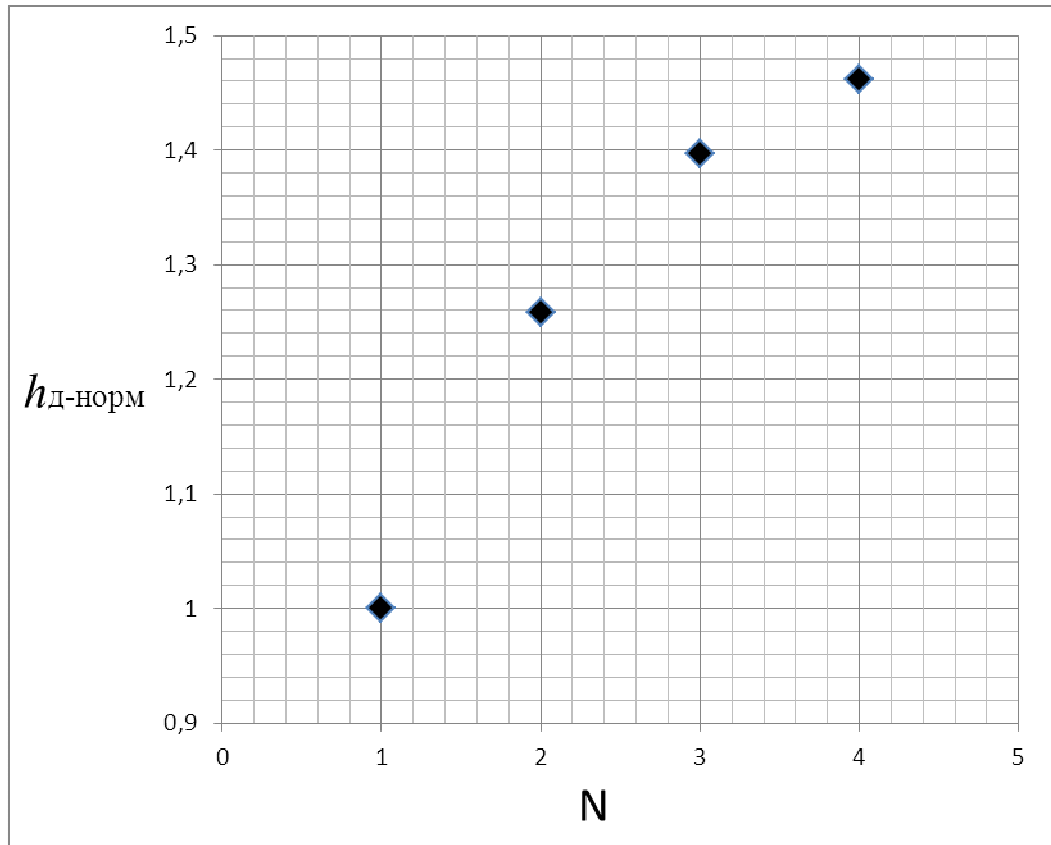


Рис. 5. Нормированный график зависимостей действующей высоты РКА для случаев 1, 2, 3, 4 параллельно включенных рамок

По графикам заметно увеличение действующей высоты при увеличении числа параллельных рамок излучателя более чем в 1,4 раза, при этом рост действующей высоты при добавлении очередной рамки уменьшается, что происходит из-за растущих потерь в добавочных конденсаторах настройки.

### Влияние конденсаторов настройки РКА

Следует отметить, что вопрос выбора конденсаторов настройки – один из серьезнейших при разработке РКА, низкодобротные конденсаторы могут значительно уменьшить эффективность антенны [7].

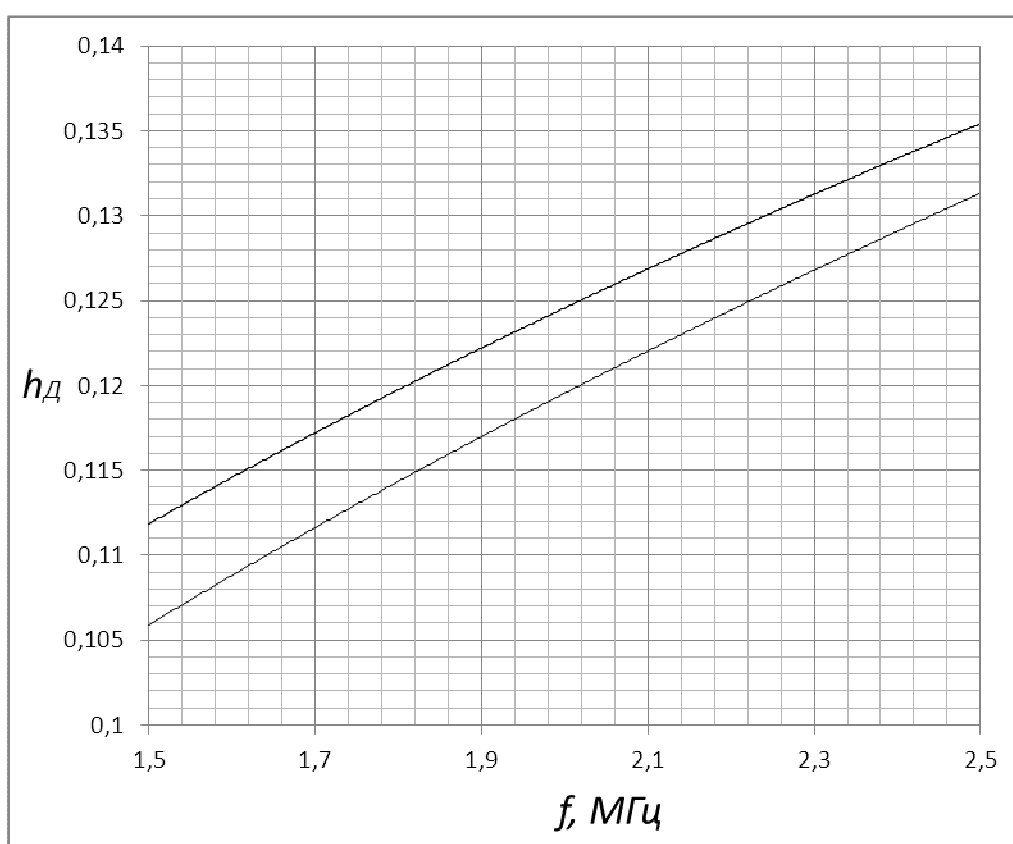


Рис. 6. Графики зависимостей действующей высоты от частоты РКА для случаев использования керамических и воздушных конденсаторов настройки

На рис. 6 приведены зависимости действующей высоты РКА для двух случаев: в первом случае (нижняя кривая) использовались дискретные конденсаторы переменной ёмкости, представляющие собой матрицу конденсаторов, со значениями, выбранными по двоичной системе, во втором

случае (верхняя кривая) для настройки были использованы воздушные конденсаторы.

В приведенном эксперименте даже высокочастотные керамические конденсаторы с тангенсом угла потерь порядка 0,005 уменьшают действующую высоту антенны примерно на 10% по отношению к воздушным.

## **Выводы**

Как показали приведенные исследования, рамочные коаксиальные антенны являются перспективными в применении, качественно согласованными и перестраиваемыми в широком диапазоне частот резонансными антеннами. Один из путей повышения эффективности РКА – увеличение числа витков излучающего элемента. Другой путь – параллельное соединение нескольких рамок, позволяет повысить помимо действующей высоты предел максимальной подводимой мощности, при этом рост действующей высоты с числом рамок происходит не линейно, а с замедлением из-за растущих потерь в добавочных конденсаторах настройки.

## **Литература**

1. Ротхаммель К., Кришке А. Энциклопедия антенн.: Пер. с нем. – М.: ДКМ Пресс, 2011.
2. Small Transmitting Loop Antennas// [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aa5tb.com/loop.html>
3. Lloyd Butler. A Crossed Field Loop Antenna for 3.5 MHz// [Электронный ресурс]. URL: <http://users.tpg.com.au/users/ldbutler/XFieldLoop.pdf>
4. Пат. 92574 РФ, МПК H01Q19/00/ Рамочно-лучевая антенна / Грачев А.В. – № 2009141951/22; заявл. 13.11.2009; опубл. 20.03.2010.
5. Грачев А. Антенна UA6AGW v. 40 // Радио. – 2011. – №2.
6. Кисмерешкин В.П., Колесников А.В. Возможность применения малогабаритных магнитных антенн для радиосвязи земной волной //

Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. – 2014.  
– №1 (127).

7. Колесников А.В. Сравнительная оценка конденсаторов настройки в магнитной антенне // Динамика систем, механизмов и машин. – 2014. – №4.