

## МАЛОГАБАРИТНАЯ ЕН-АНТЕННА ДЕКАМЕТРОВОГО И МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

© 2015 г. Л.В. СПИРИДОНОВ, А.В. ПРОКОФЬЕВ, Н.В. ЗАВАЛИН,  
С.В. АБЫШЕВ, В.И. НЕФЕДОВ, С.Н. АКИЛОВ\*, М.Н. КАРАВАЕВ\*

Московский государственный университет информационных технологий,  
радиотехники и электроники,

\*Центральный научно-исследовательский радиотехнический  
институт им. академика А.И. Берга, г. Москва

Связь на декаметровых и метровых волнах (ранее коротковолновая связь), несмотря на заметное ослабление к ней внимания, останется важным составляющим звеном в общей системе средств связи, так как обладает рядом известных преимуществ. Важным, а в некоторых случаях основным фактором, в данных системах связи, являются такие характеристики антенных устройств, как габариты антенны, коэффициент усиления, развязка приемной и передающей антенн при их взаимном расположении в пределах ближней зоны. Эти характеристики особенно важны в тех ситуациях, когда жестко ограничена территория, отводимая на установку антенн, либо наложены условия на применение визуального скрытия.

Из фундаментальной теории антенн известно, что их габариты достаточно жестко связаны с заданным коэффициентом усиления и полосой рабочих частот. С течением времени изменялись только некоторые конструктивные особенности, а габариты антенн оставались достаточно большими. Однако в конце XX в. появились публикации о применении оригинальных конструкций антенн, имеющих гораздо меньшие габариты, чем существующие, но обеспечивающих примерно такую же эффективность работы на прием и передачу и «невосприимчивость» к помехам. Такие антенны, в зависимости от конструкции, позиционировались как СFA-, А- или ЕН-антенны. В качестве теоретической базы для объяснения принципа их действия приводились утверждения, что эти антенны представляют собой малогабаритные резонансные системы, одновременно генерирующие электромагнитное поле, содержащее синфазные Е- и Н-составляющие, без доминирования какой-либо из них, благодаря чему отсутствует «ближнее поле», неизбежное для стандартных дипольных или рамочных антенн. В результате реализуется высокая эффективность антенны при приеме и передаче таких волн и низкая «восприимчивость» к полям с доминированием Е- или Н- составляющей.

С целью проверки «реальности» приведенных в публикациях параметров антенн была поставлена задача по анализу, расчету, изготовлению и оценке эффективности антенны такого типа. В качестве предмета исследований была выбрана антенна ЕН-типа, на которую приходилось наибольшее количество публикаций. Проведенный анализ показал следующее: отсутствуют количественные характеристики результатов сравнения антенны со стандартной, такой как, например, четвертьволновый штырь или полуволновый диполь; отсутствуют какие-либо методики измерений; антенны такого типа являются узкополосными (относительная полоса частот составляет 5..10%), что объяснимо резонансными свойствами ее конструкции; половина сообщений содержит негативные оценки, где авторы заявляют, ЕН-антенна – очень плохая антенна, и работает она значительно хуже, чем полноразмерный диполь или штырь.

Основная схема, и соответствующая ей конструкция ЕН-антенны приведены на рис. 1.

ЕН-антенна представляет собой последовательно включенные конденсатор (емкость между цилиндрами), индуктивность катушки настройки и дополнительную фа-

зирующую катушку (на схеме не показана), т.е. последовательный колебательный контур с автотрансформаторной связью с подводящей линией.

Существует несколько разновидностей конфигураций ЕН-антенн (рис. 2).

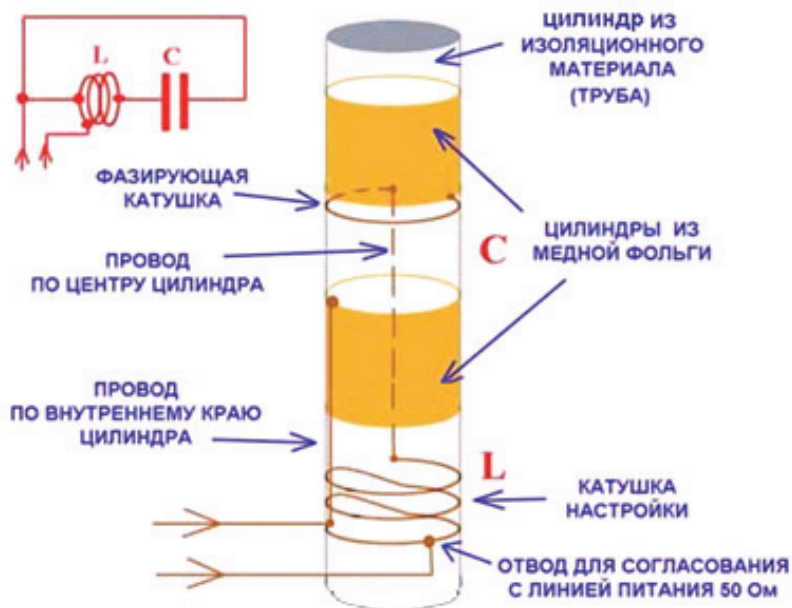


Рис. 1. Схема и конструкция ЕН-антенны.

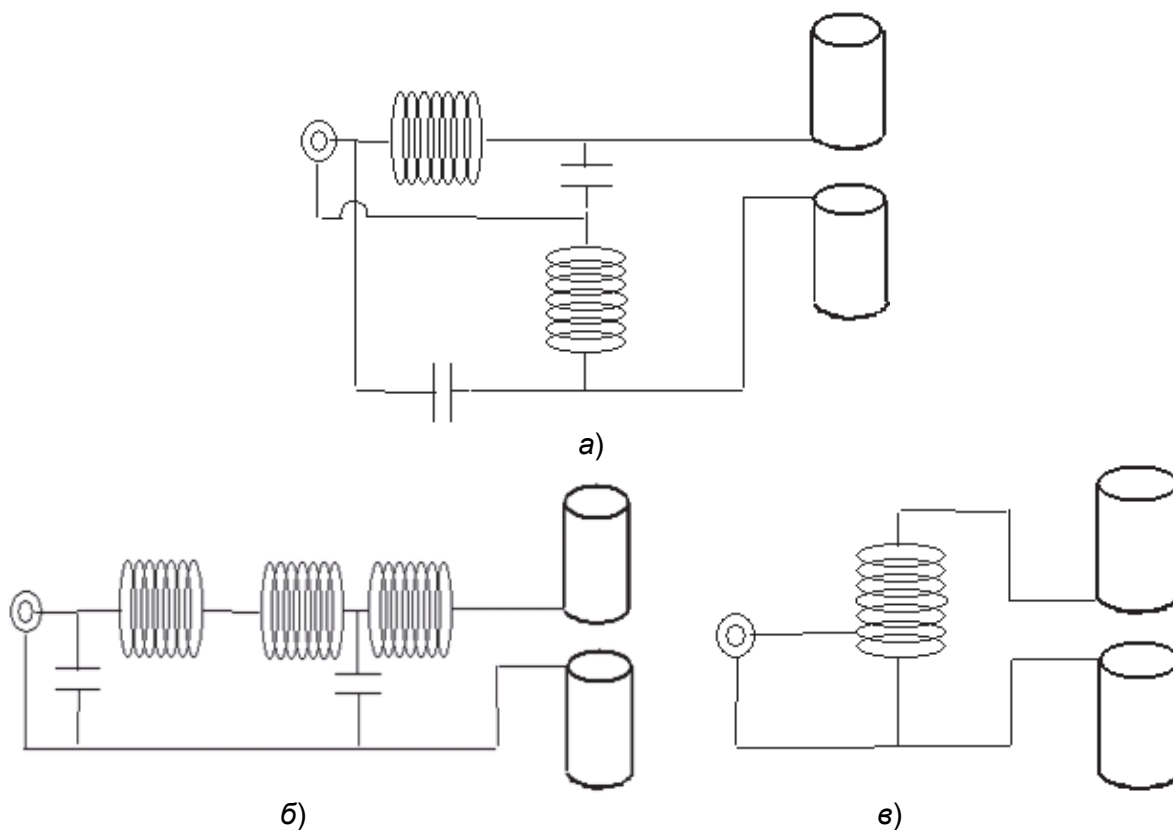


Рис. 2. Упрощенные схемы разновидностей конфигураций ЕН-антенн: а – конфигурация L+L, б – конфигурация L+T, в – конфигурация «звезда».

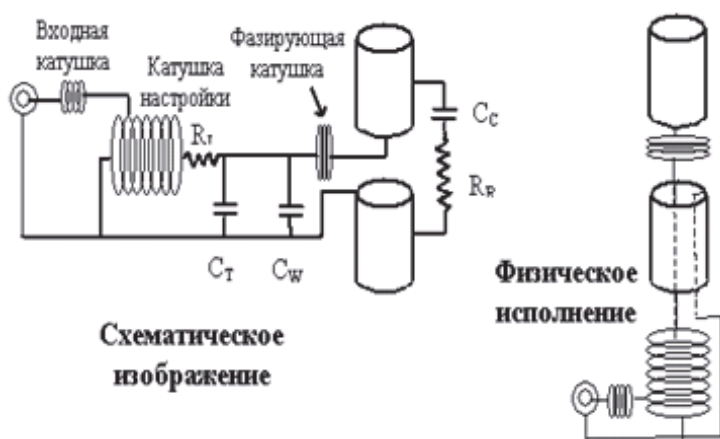


Рис. 3. ЕН-антенна «Звезда».

Очевидно, что наиболее простой является конфигурация «звезда», которая и была реализована. Полная схематическая диаграмма и физическое выполнение антенны конфигурации ЗВЕЗДА показаны на рис. 3.

Расчет элементов конструкции ЕН-антенн производился для частоты 11 МГц. Было произведено два варианта расчетов используя программы *Excel* и *ENManager V1.2*. Программы дали примерно одинаковые результаты: частота = 11,00 МГц; диаметр цилиндров = 50,00 мм; отношение длина/диаметр (L/D) = 3,00;  $C = 7,28$  пФ;  $X_c = 1988,59$  Ом; полоса пропускания по уровню «-3 дВ» = 663,79 КГц;  $Q = 16,57$ ; общая длина антенны = 440,52 мм; отношение длины антенны к длине волны 1,62 %.

Параметры катушки настройки: диаметр провода = 1,90 мм; шаг намотки = 1,90 мм; витков на сантиметр = 5,26; диаметр витка = 50,00 мм; емкость между проводом и цилиндром  $C = 2,55$  пФ; емкость катушки настройки  $C = 1,97$  пФ; индуктивность катушки  $L = 17,76$  мГ; количество витков = 21,3; длина катушки = 40,52 мм; длина провода = 3348,29 мм. Длина провода фазирующей катушки 454,43 мм; число витков = 2,5.

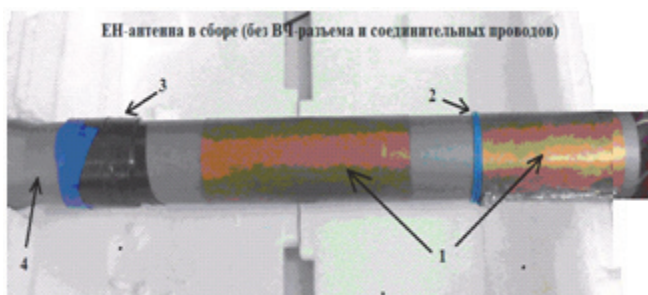


Рис. 4. Общий вид испытуемой ЕН-антенны: 1 – медные цилиндры, 2 – фазирующая катушка, 3 – катушка настройки, 4 – полипропиленовая труба.



Рис. 5. Внешний вид катушки настройки.

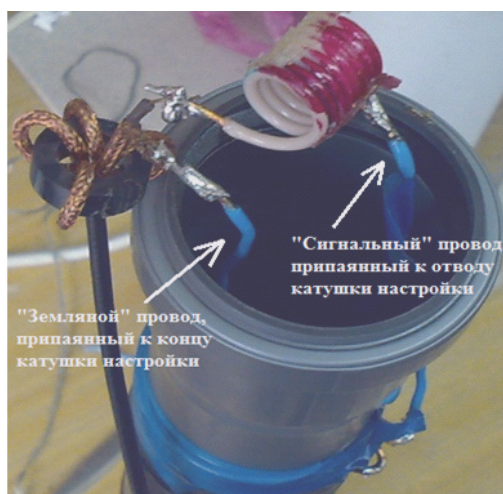


Рис. 6. Внешний вид с торца антенны.

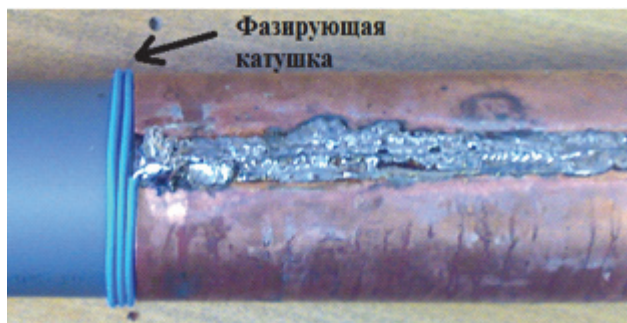


Рис. 7. Внешний вид цилиндра с фазирующей катушкой.

Настройка ЕН-антенны производилась в лабораторных условиях согласно структурной схеме рис. 8. Для исключения влияния резонансных свойств диполя на результаты измерений его длина была выбрана меньше, чем  $\lambda/8$  на рабочей частоте 11 МГц.

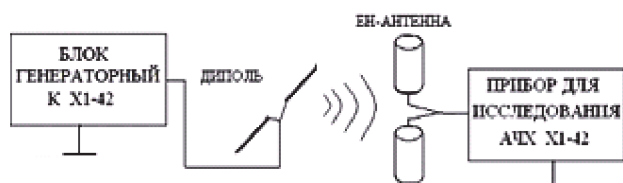


Рис. 8. Структурная схема установки для настройки ЕН-антенны.

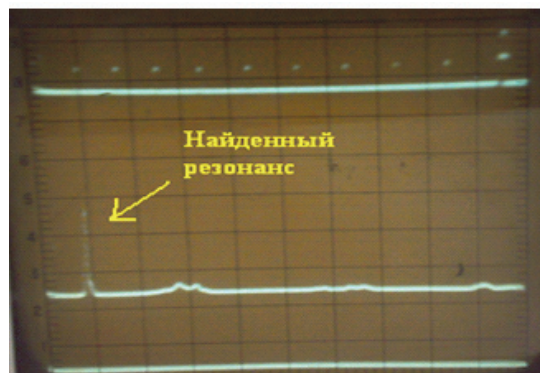


Рис. 9. АЧХ настроенной антенны.

Измерения показали, что изменение числа витков в катушке настройки сильно влияет на частоту настройки и оптимум для частоты 11 МГц составляет 25 витков с отводом от 20-го витка. Влияние изменения числа витков входной катушки гораздо слабее, оптимальным является 8 витков. Резонансная характеристика настроенной антенны изображена на рис. 9.

Диаграмма направленности антенны представляла тороид, т.е. имела максимум в направлении, перпендикулярном оси цилиндров.

Обобщая итоги проделанной работы, можно сделать следующие выводы:

- Возможно создание узкополосной (относительная полоса частот около 10%) малогабаритной ЕН-антенны, обладающей эффективностью приема, сравнимой с штырем длиной 5 метров;
- Расчет ЕН-антенны по приводимым методикам приблизительно верен, требуется подстройка в сторону увеличения числа витков входной катушки и катушки настройки;
- Наведенный на ЕН-антенну сигнал от расположенной в пределах ближней зоны штыревой антенны примерно на 6,5-10 дБ меньше, чем на аналогичную штыревую антенну;
- Диаграмма направленности ЕН-антенн – тороид.
- Повторяемость параметров при изготовлении антенны от образца к образцу – хорошая.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томаси У. Электронные системы связи. Перевод с английского Бирюкова Н.Л. – М.: Техносфера, 2007
2. Справочник радиолюбителя-конструктора – 3-е издание, переработанное и дополненное – М.: Радио и связь, 1984
3. Кейт Бриндли, Джо Карр. Карманный справочник инженера электронной техники / Перевод с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2002.
4. Справочник. Формулы и таблицы, 3-е издание. СПб.: Питер, 2005.
5. <http://ehant.qrz.ru/w5qjr.htm>; <http://ehant.qrz.ru/theory4.htm>; <http://ehant.qrz.ru/>; [http://ehant.qrz.ru/exp\\_eh1.htm](http://ehant.qrz.ru/exp_eh1.htm); <http://ehant.qrz.ru/hb2.htm>; <http://www.eh-antenna.net/teo.htm>; <http://www.qrz.ru/articles/detail.phtml?id=282>; <http://forum.qrz.ru/archive/index.php/t-12983.html>; <http://www.qrz.ru:8080/schemes/contribute/antenns/eh>; <http://www.ehant.qrz.ru/>
6. [ehantenna\\_r.xls](http://ehantenna_r.xls); [http://ehant.qrz.ru/exp\\_eh.htm](http://ehant.qrz.ru/exp_eh.htm).