

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>
URL статьи: mathmod.esrae.ru/50-209

Ссылка для цитирования этой статьи:

Хватов Р.А., Дорошенко В.М., Киркица В.А. Моделирование внешнего вида и диаграммы направленности логопериодической антенны // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2025. №2

УДК 532.517.2:539.3

DOI:10.24412/2541-9269-2025-2-23-29

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ ПО ЗАДАННЫМ ПАРАМЕТРАМ

Хватов Р.А.¹, Дорошенко В.М.², Киркица В.А.³

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, xxx_rostik@mail.ru

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, dorvalentina9@gmail.com

³Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, skrks@mail.ru

SIMULATION OF A LOGOPERIODIC ANTENNA ACCORDING TO SPECIFIED PARAMETERS

Khvatov R.A. ¹, Doroshenko V.M. ², Kirkitsa V.A. ³

¹Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,
Saratov, xxx_rostik@mail.ru

²Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,
Saratov, dorvalentina9@gmail.com

³Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,
Saratov, skrks@mail.ru

Аннотация. В данной работе представлен расчет параметров, моделирование внешнего вида и диаграммы направленности крестообразной логопериодической антенны (КЛПДА) для мониторинга ВЧ полей. КЛПДА является широкополосной направленной антенной, обладающей компактными размерами. Предложенный метод базируется на модифицированной теории логопериодических антенн и учитывает особенности геометрии крестообразного расположения вибраторов. Приведены результаты численного моделирования, демонстрирующие характеристики КЛПДА в диапазоне частот от 80 МГц до 1,3 ГГц.

Ключевые слова: логопериодическая антенна, крестообразная антенна, широкополосная антенна, расчет параметров, численное моделирование, вибратор, диаграмма направленности.

Abstract. This paper presents the calculation of parameters, modeling of the

appearance and radiation pattern of a cruciform logoperiodic antenna (KLPGA). KLPGA is a broadband directional antenna with compact dimensions. The proposed method is based on a modified theory of logoperiodic antennas and takes into account the geometry of the cruciform arrangement of vibrators. The results of numerical simulation are presented, demonstrating the characteristics of the KLPGA in the frequency range from 80 MHz to 1.3 GHz.

Keywords: logoperiodic antenna, cruciform antenna, broadband antenna, parameter calculation, numerical simulation, vibrator, radiation pattern. in a wide frequency range.

Введение

Современные системы радиосвязи и радиолокации требуют антенн, способных эффективно работать в широком диапазоне частот, сохраняя при этом приемлемые характеристики направленности и согласования. Логопериодические антенны (ЛПДА) зарекомендовали себя как эффективное решение для широкополосных приложений. Однако, классическая линейная ЛПДА может иметь значительные размеры, особенно на низких частотах.

Для уменьшения габаритов антенны без существенного ухудшения ее характеристик, в данной работе рассматривается крестообразная ЛПДА (КЛПДА). В КЛПДА вибраторы располагаются в двух ортогональных плоскостях, образуя крестообразную структуру, что позволяет достичь компактности по сравнению с линейной ЛПДА.

Целью данной работы является разработка метода расчета параметров КЛПДА, основанного на модифицированной теории ЛПДА и учитывающего геометрию крестообразного расположения вибраторов, по итогу будут рассчитаны параметры антенны для мониторинга ВЧ полей.[1].

Конструкция антенны

Крестообразная логопериодическая антенна (КЛПДА) представляет собой модификацию классической линейной логопериодической антенны (ЛПДА). Ключевой особенностью КЛПДА является крестообразное расположение дипольных вибраторов, в отличие от линейного расположения в обычной ЛПДА. Основные элементы конструкции КЛПДА включают:

Дипольные Вибраторы: Набор дипольных вибраторов, выполненных из проводящего материала (например, меди или алюминия). Длина вибраторов уменьшается от одного конца антенны к другому в соответствии с логарифмическим законом.

Крестообразное Расположение: Вибраторы располагаются в двух ортогональных плоскостях, пересекающихся в точке питания антенны.

Обычно эти плоскости перпендикулярны друг другу, образуя крест. Чередование плоскостей происходит между соседними вибраторами.

Питающая Линия: Двухпроводная линия передачи, соединяющая дипольные вибраторы. Подключение вибраторов к питающей линии происходит попеременно, обеспечивая противофазное возбуждение соседних диполей.

Изоляторы: Необходимы для физического разделения вибраторов, расположенных в разных плоскостях, и предотвращения короткого замыкания. Материал изоляторов должен обладать низкими диэлектрическими потерями на рабочих частотах антенны.[2].

Принцип работы

В основе расчета КЛПДА лежит теория линейной ЛПДА, модифицированная для учета геометрии крестообразного расположения вибраторов. Основными параметрами, определяющими геометрию КЛПДА, являются:

τ – коэффициент масштабирования, определяющий отношение длин соседних вибраторов и расстояний между ними.

σ – коэффициент расстояния, определяющий отношение расстояния между вершинами соседних вибраторов к длине самого длинного из них.

$L_{\max}$ – длина самого длинного вибратора, определяющая нижнюю границу рабочего диапазона частот.

$L_{\min}$ – длина самого короткого вибратора, определяющая верхнюю границу рабочего диапазона частот.

d – диаметр вибраторов.

Отличие КЛПДА от линейной ЛПДА заключается в том, что вибраторы располагаются в двух ортогональных плоскостях. Это приводит к изменению эффективного расстояния между вибраторами и влияет на входной импеданс антенны. Для учета этого эффекта необходимо ввести поправочный коэффициент, зависящий от угла между вибраторами. В случае крестообразного расположения (угол 90 градусов), этот коэффициент может быть определен эмпирически или путем численного моделирования.

Расчет длин вибраторов производится по следующей формуле:

$$L_i = L_{\max} * \tau(i - 1) \quad (1)$$

где L_i – длина i -го вибратора, i – номер вибратора.

Расчет расположения вибраторов производится по следующей формуле:

$$R_i = \sigma * L_{max} * \tau(i - 1) \quad (2)$$

где R_i – расстояние от точки питания до i -го вибратора.

Результаты численных расчетов

С целью сокращения ручных расчетов, предварительно геометрия антенны рассчитывалась в программе «LogAnt». Выборочно была проведена проверка правильности расчётов путем пересчета отдельных плеч антенны, подтвердившая правильность заложенных в программное обеспечение формул.[4].

Основной критерий: диапазон частот от 80 МГц до 1,3ГГц, данный диапазон является наиболее подходящим для мониторинга ВЧ полей, с целью перекрытия двух основных диапазонов частот, с минимально возможными габаритами.

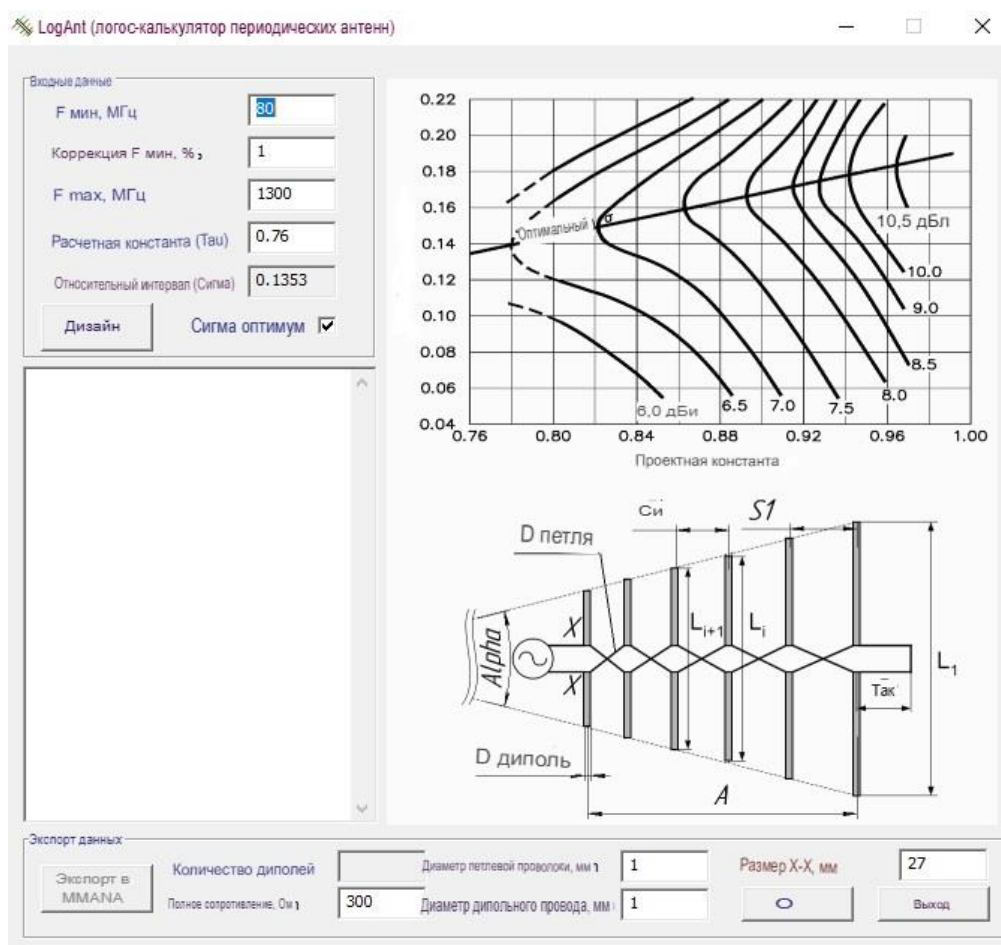


Рис.1. Интерфейс используемой программы LogAnt для расчета антенны

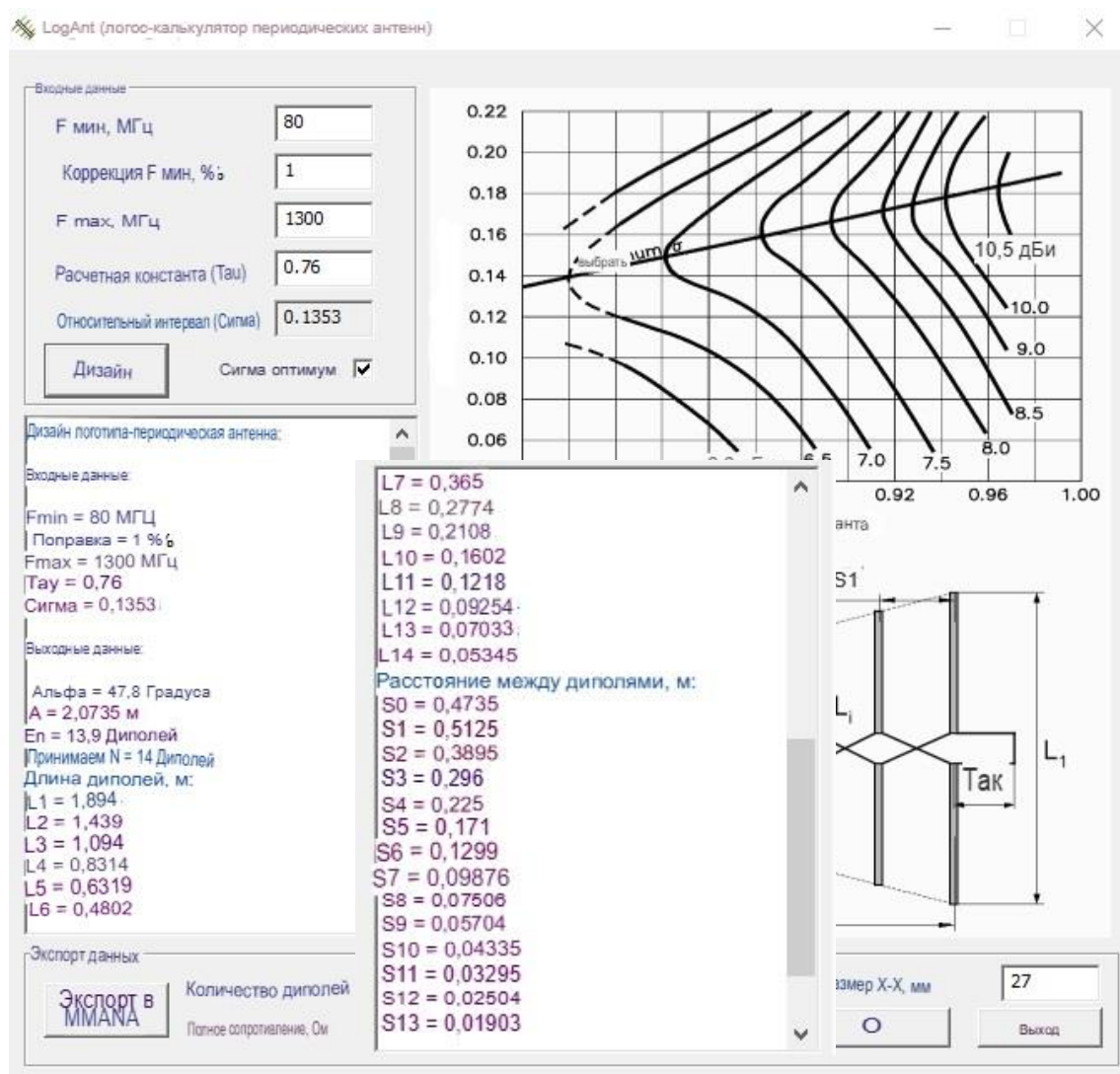


Рис.2. Полученные данные антенны после расчета в программе LogAnt

Построение КЛПДА в программе MMANA-GAL

Данные полученные в программе LogAnt экспортируются в программу MMANA-GAL, в которой в дальнейшем автоматически происходит построение модели крестообразной логопериодической антенны.[5].

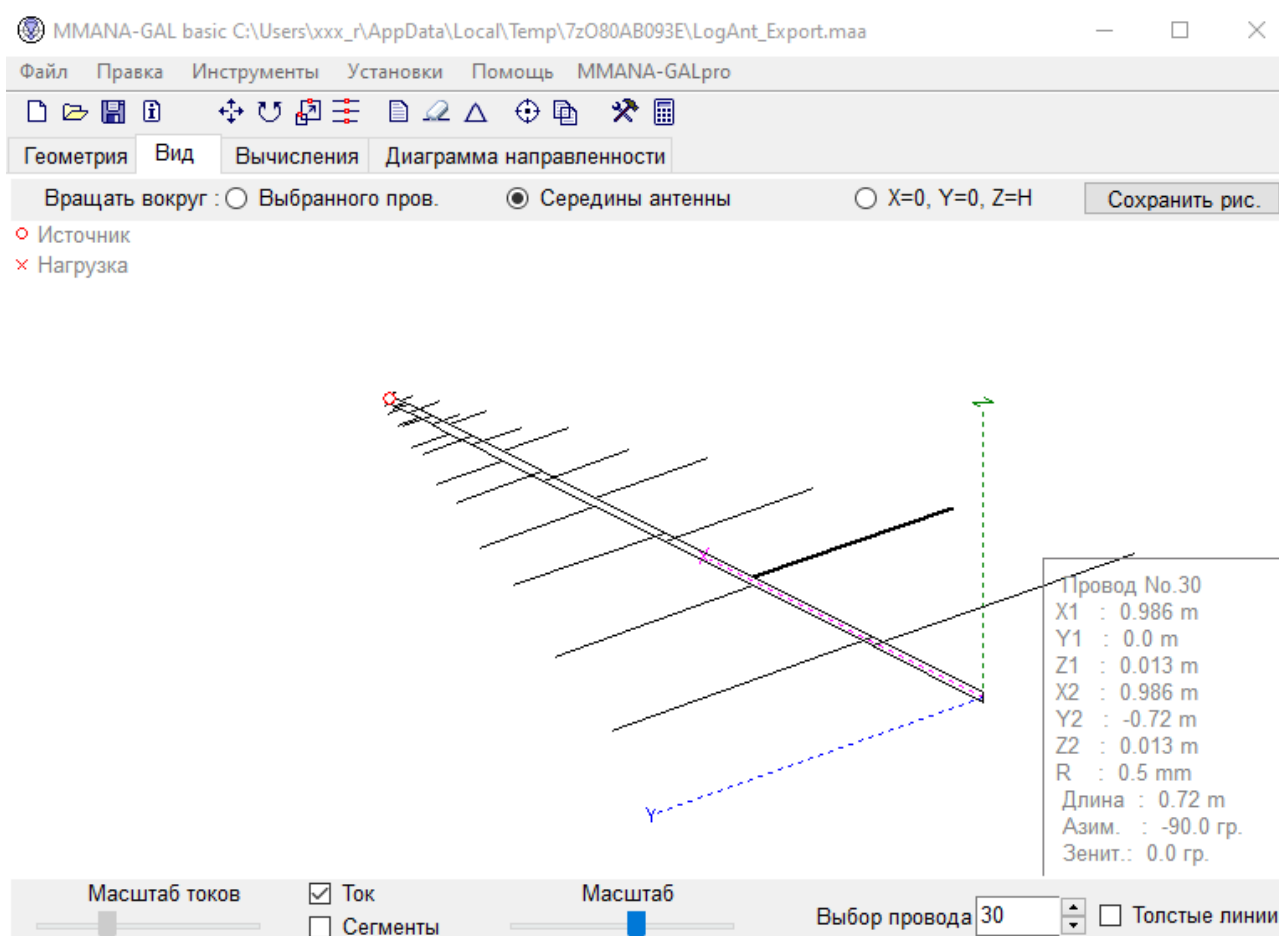


Рис. 4. Построение КЛПДА в программе ММANA-GAL

Вывод

В результате работы программы ММANA-GAL мы получили крестообразную логопериодическую антенну с длиной вибраторов от 1,894 м у основания ввода коаксиального кабеля, до 0,05345 м у источника. Расстояние между диполями от 0,04735 м в начале, до 0,01903 м. Общая длина 0,72 м. Данная антенна работает в диапазоне частот от 80 МГц до 1,3 ГГц.

Заключение

В данной статье был произведен расчет параметров крестообразной логопериодической антенны для мониторинга ВЧ полей. Численное моделирование подтвердило эффективность предложенного подхода и продемонстрировало перспективность использования КЛПДА в широкополосных приложениях, требующих компактных размеров антенны.

Литература

1. Balanis, C. A. (2015). Теория антенн: анализ и проектирование.
2. Kraus, J. D., Marhefka, R. J., & Khan, A. S. (2006). Антенны для любых применений.
3. Айзенберг Г.З. Теория и расчет антенн. - 1979: Связь
4. Программа для расчетов LogAnt:
<https://forum.cxem.net/index.php?/topic/120755-программа-для-расчета-логопериодической-антенны/>
5. Программа для построения MMANA-GAL:
<https://cxem.net/software/mmana.php>