

УДК 621.382.32: 621.373

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕННЫХ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ДИПОЛЬНЫХ АНТЕНН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ CST STUDIO SUITE И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Мирзокулов Х.Б.¹, Олмосов А.А.², Нормухмадов Б.Ж.¹

¹ Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан

² Служба электромагнитной совместимости Самаркандской области, Самарканд, Узбекистан

liverpool_2592@mail.ru, axmad1984@mail.ru

Аннотация. В данной статье исследованы типы, методы создания и технологии логопериодических вибраторных антенн (LDPА), представлены особенности использования этих антенн в сфере связи. В ходе исследования была разработана модель LDPА с использованием программного продукта CST Studio Suite и проанализированы ее основные параметры, определяющие показатели качества работы.

Ключевые слова: антенна, LDPА, диполь, моделирование.

I. ВВЕДЕНИЕ

Благодаря своей способности генерировать практически постоянный коэффициент усиления в широком диапазоне частот, логопериодическая антенна представляет собой уникальный тип антенны, который с отличными результатами используется во многих широкополосных приложениях. Эти антенны широко используются при приеме телевизионных сигналов, контроле спектра и тестах на электромагнитную совместимость [1-5].

В этой работе диапазон частот 470–860 МГц измеряется, моделируется, а затем оптимизируется для логопериодической дипольной решетки. Антенна сначала моделируется дважды: один раз во временной области и один раз в частотной области. Чтобы гарантировать правильное моделирование антенны, предусмотрен контраст между этими моделями. Реальный реализованный выигрыш и гипотетический ре-

ализованный выигрыш довольно хорошо совпадают. Затем антенна настраивается для одновременного увеличения реального усиления, соотношения фронт-тыл и коэффициента стоячей волны по напряжению. Структура доверенных регионов, симплексный метод Нелдера Мида, классический метод Пауэлла и эволюционная стратегия адаптации ковариационной матрицы — это лишь некоторые из алгоритмов, используемых для выполнения процесса оптимизации в CST Microwave Studio. Алгоритм, использующий структуру доверенных регионов, по-видимому, работает лучше всего с точки зрения эффективной максимизации каждого заранее определенного набора целей для антенны [6-11].

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Логопериодические антенны работают в диапазонах ОВЧ и УВЧ, в диапазоне частот от 30 МГц до 3 ГГц.

Из-за своих широкополосных свойств в телевидении, приемных, испытаниях на электромагнитную совместимость и прецизионных широкополосных измерениях часто используются логопериодические антенны [12-16]. Коэффициент усиления логопериодических дипольных решеток (LPDA) практически одинаковый в широкой рабочей полосе пропускания. Увеличение количества диполей увеличит усиление антенны. По сравнению с решетчатой антенной Яги-Уда, LPDA имеют

превосходное соотношение передней и задней части, но сравнительно более низкий коэффициент усиления. Однако LPDA имеет значительно более широкую полосу пропускания, чем антенна Яги-Уда. Основное различие между двумя антеннами также заключается в их стратегиях питания. В отличие от антенны Яги-Уда, где только один диполь подключен к источнику питания, а все остальные диполи пассивны, в антенне LPDA каждый из диполей подключен к источнику питания.

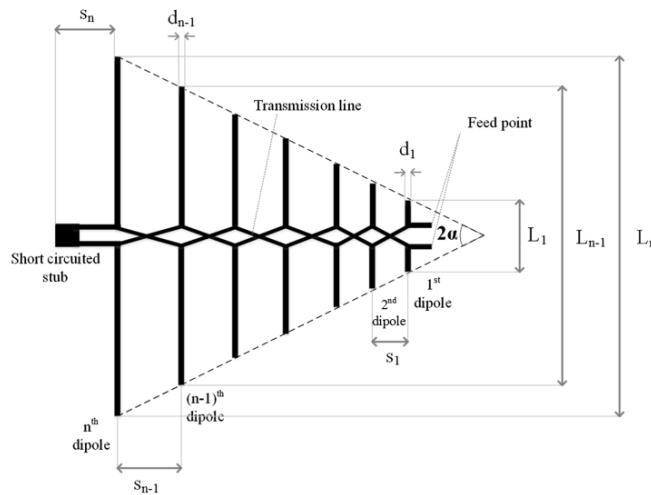


Рис 1. Геометрия логопериодической дипольной решетки.

LPDA построен с использованием ряда диполей различной длины. Если размер диполя L равен половине длины волны ($\lambda/2$) на определенной частоте, каждый диполь работает в резонансном состоянии. Кроме того, диполи с длиной больше или меньше $\lambda/2$, находясь вне своего резонансного состояния, на той же частоте ведут себя как отражатели или директора соответственно. LPDA может эффективно работать в широком диапазоне частот за счет использования диполей различной длины.

Логопериодические антенны бывают самых разных форм, включая плоские, трапециевидные, зигзагооб-

разные, V-образные, щелевые и дипольные. Чаще всего используется логопериодическая дипольная решетка, или LPDA.

При наблюдении физический состав и электрические свойства повторяются в природе. Диполи различной длины и расстояния составляют массив, который питается по двухпроводной линии передачи. Между каждой следующей парой диполей эта линия транспонируется.

Следующая формула связывает длины диполей и расстояния:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{R_3}{R_4} = T = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_2}{l_3} = \frac{l_3}{l_4}$$

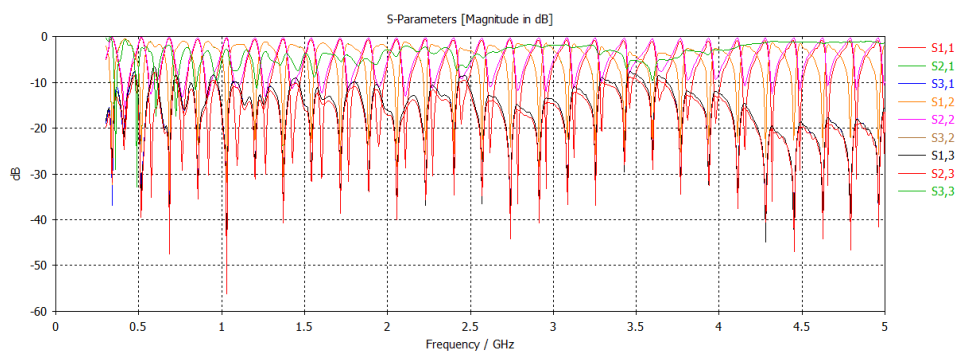


Рис 4. S-параметр антенны. Результат симуляции.

Передача энергии по электрической сети описывается с помощью S-параметров, также известных как параметры рассеяния. Когда становится особенно важно определить сеть с точки зрения амплитуды и фазы в зависимости от частоты, а не напряжения и тока, S-параметры показывают соединение между различными портами. S-параметры делают сложную сеть похожей на простой черный ящик и упрощают объяснение того, что происходит

с сигналом в этой сети (рис. 4). S-параметры, демонстрирующие, как испытательное устройство реагирует на сигнал как в прямом, так и в обратном направлении, могут быть записаны в виде S4P-файла, содержащего все возможные конфигурации отражения и передачи в сети. При использовании одновременной двунаправленной передачи это имеет решающее значение. Ее большие значения соответствуют меньшему отражению. Приемлемые диапазоны от -20 до 30 дБ и выше.

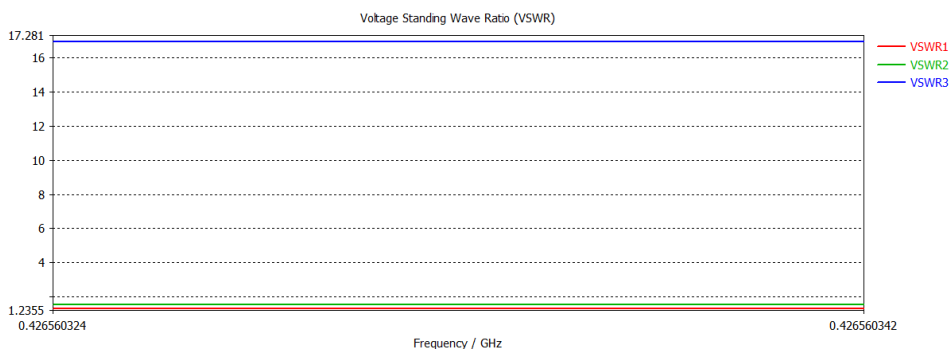


Рис 5. КСВН на резонансной частоте 1-5 ГГц.

КСВН является важнейшим индикатором производительности электромагнитной антенной системы. Когда сигнал доставляется через антенну, она рассчитывает количество энергии, которая отражается обратно в передатчик. Высокий КСВН означает, что большая часть мощности отражается обратно, а не излучается антенной, что предполагает наличие проблем с антенной и/или линией передачи. Параметр

усиления каждой антенны имеет решающее значение. По сути, усиление представляет собой отношение интенсивности излучаемого поля опорной антенны. Направление наибольшего излучения называется просто коэффициентом усиления антенны, который часто обозначается как дБ. Согласно рис. 9 данного исследования, коэффициент усиления предлагаемой антенны на частоте 1 ГГц составляет 4,28 дБ.

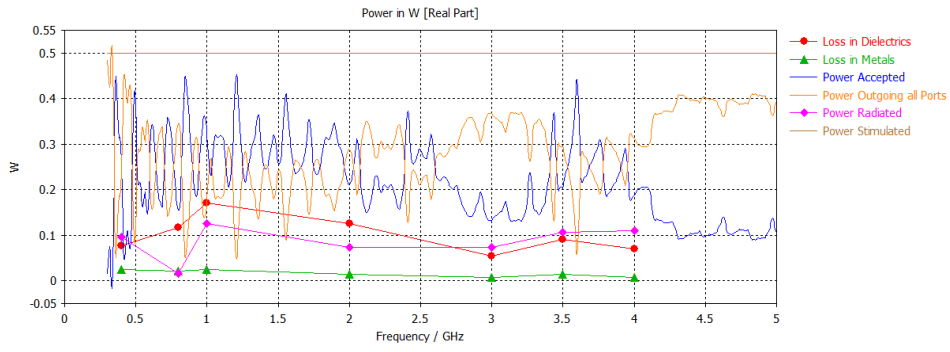


Рис 6. Мощность возбуждения спроектированной антенны. Количество принятой, излучаемой мощности, исходящей мощности всех портов и стимулируемой мощности.

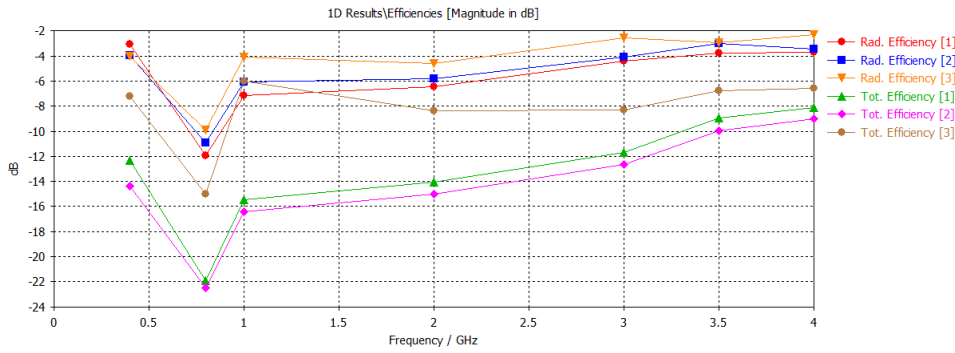


Рис 7. Эффективность предлагаемой антенны.

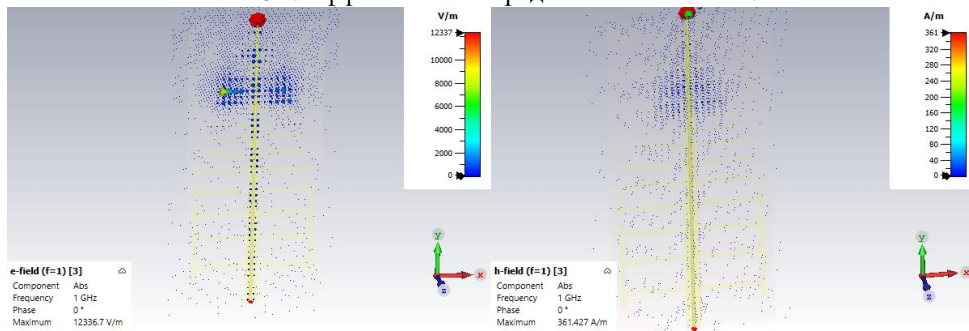


Рис 8. Распределение электронного и магнитного поля спроектированной антенны на частоте 1 ГГц.

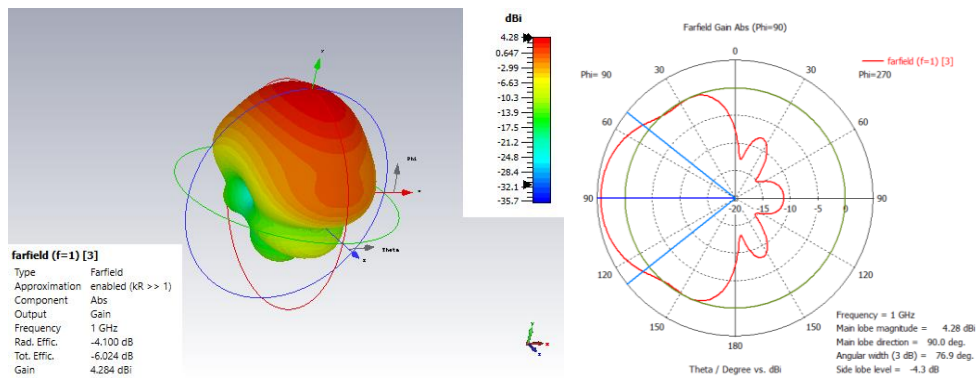


Рис 9. Трехмерное изображение графика усиления в дальнем поле и полярного угла места спроектированной антенны на частоте 1 ГГц.

Направленность для передачи или приема мощности предпочтительно оптимизировать диаграмму направленности отклика антенны в заданном направлении. Аналогично, на направ-

ленность влияет только форма диаграммы направленности. Согласно рисунку 10, полученная направленность планируемой антенны на частоте 1 ГГц составляет 8,38 дБ.

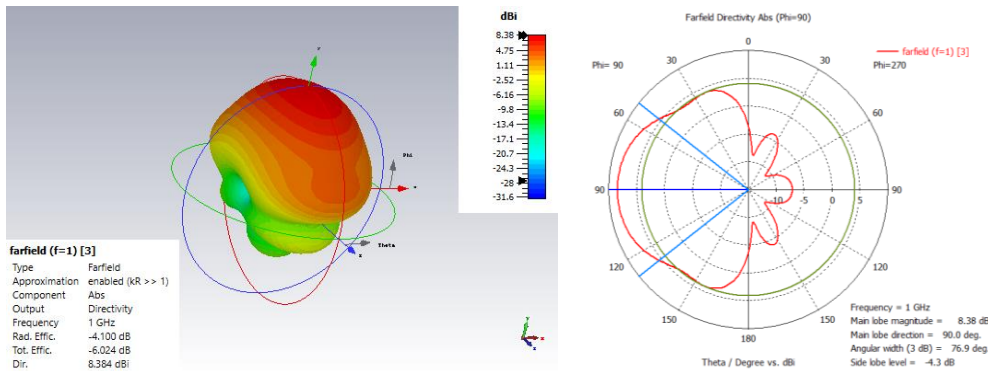


Рис 10. Трехмерное изображение направленности и полярного графика спроектированной антенны в дальней зоне.

Диаграмма Смита предлагаемой антенны показана на рисунке 11. Это визуальное изображение нормализованного характеристического импеданса. Наиболее практичным графическим инструментом для приложений с высо-

кочастотными цепями является диаграмма Смита. Диаграмма Смита используется для определения каждого потенциального импеданса в области коэффициента отражения существования.

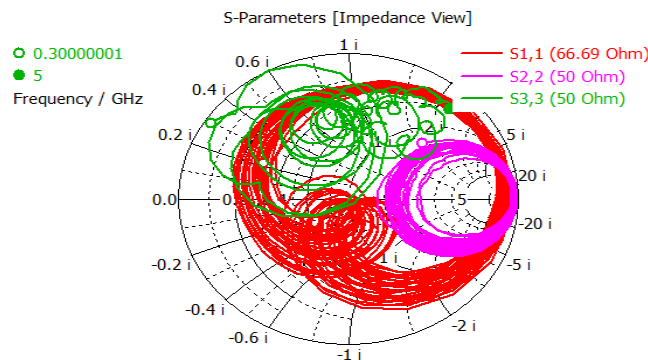


Рис 11. Диаграмма Смита (Smith Chart).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функции временной области CST MWS успешно использовались для точного моделирования двенадцати дипольного LPDA. Чтобы проверить достоверность модели CST, были сопоставлены результаты моделирования и

фактических измерений. Чтобы получить наиболее эффективные результаты в отношении КСВ, реализованного усиления и соотношения фронт-назад, было проведено сравнительное исследование оптимизации LPDA с использованием различных алгоритмов оптимизации, представленных в CST

MWS. Обладая наибольшим значением фитнес-функции, алгоритм TRF показал самую быструю сходимость и дал лучшие общие результаты.

Результаты этого исследования имеют ряд последствий для проектирования и разработки антенн. Во-первых, метод можно использовать для быстрого и простого создания моделей новых конструкций антенн. Это может помочь сократить время и стоимость разработки новых антенн. Во-вторых, метод можно использовать для улучшения характеристик существующих конструкций антенн. Понимая характеристики антенны, инженеры могут вносить изменения в конструкцию, чтобы улучшить ее характеристики.

В целом метод, представленный в этой диссертации, является ценным инструментом для проектирования и разработки антенн. Он прост в использовании, точен и универсален. Его можно использовать для создания моделей самых разных антенн, а также для улучшения характеристик существующих конструкций антенн.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *L-H Ye and Q-X Chu*. 3.5/5.5 ghz dual band-notch ultra-wideband slot antenna with compact size. *Electronics letters*, 46(5):325–327, 2010.
- [2] *Zaharis, Z. D., Skeberis, C., Xenos T. D., Lazaridis, P. I., & Stratakis, D. I.* (2014). IWO-based synthesis of log-periodic dipole array. In *International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU)*, Heraklion (pp. 150–154).
- [3] *Lazaridis, P., Tziris, E., Zaharis, Z., Xenos, T., Cosmas, J., Gallion, P., et al.* (2016). Comparison of evolutionary algorithms for LPDA antenna optimization. *Radio Science*, 51(8), 1377–1384.
- [4] *Casula, G., Maxia, P., Mazzarella, G., & Montisci, G.* (2013). Design of a printed log-periodic dipole array for ultra-wideband applications. *Progress In Electromagnetics Research C*, 38, 15–26.
- [5] *Balanis, C. A.* (1997). *Antenna theory, analysis and design* (2nd ed., pp. 551–566). New York: Wiley.
- [6] *Carrel, R.L.* (1961) Analysis and design of the Log-periodic dipole antenna. Technical Report No. 52, Electrical Engineering Department, University of Illinois.
- [7] *Huang, Y., & Boyle, K.* (2008). *Antennas* (1st ed.). Chichester: Wiley.
- [8] *Mistry, K., Lazaridis, P., Zaharis, Z., Xenos, T., & Glover, I.* (2017). Optimization of log-periodic dipole antenna with LTE bandrejection. In: *Loughborough Antenna Propagation Conference (LAPC)*, Loughborough.
- [9] *Zaharis, Z., Skeberis, C., Lazaridis, P., & Xenos, T.* (2016). Optimal wideband LPDA design for efficient multimedia content delivery over emerging mobile computing systems. *IEEE Systems Journal*, 10(2), 831–838.
- [10] Comparison of Performance Characteristics of Rectangular, Square and Hexagonal Microstrip Patch Antennas; DOI: 10.1109/ICRITO.2014.7014684
- [11] *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, Feb. 2013. ISSN:

- 2231 – 6604 Volume 4, Issue 2, pp: 117-126.
- [12] Design and Simulation of Microstrip Rectangular Patch Antenna for Bluetooth Application, Volume IV, Issue VIII, August 2015, IJLTEMAS ISSN 2278 – 2540.
- [13] *Мирзокулов Х.Б., Олмасов А.А., Салахитдинов А.Н., Нормакмадов Б.Ж.* Измерение основных параметров разработанной логопериодической антенны работающей в диапазоне УКВ. Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари, № 3(21), сентябрь 2022.
- [14] *Olmasov A., Salakhitdinov A. Mirzokulov Kh.* Development of a Logo-Periodic Antenna in the Very High Frequency Band and Measurement of its Basic Parameters. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021, 2021.
- [15] *Olmasov A., Mirzokulov K., Djaniyev B., Mardiyev N.* Printed Antenna for Signal Analysis in the UHF Band. International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2022, 2022.
- [16] *Mirzokulov, K. B., Usmonov, J., Normakhmadov, B., & Abduraimov, A.* (2022). Study of Communication Line Parameters with Digital Modulation Methods. International journal of theoretical and applied issues of digital technologies, 1(1), 42–47.

Поступила в редакцию 20.06.2023

Цитирование: *Мирзокулов Х.Б., Олмасов А.А., Нормакмадов Б.Ж.* (2023). Моделирование направленных логопериодических дипольных антенн с использованием программного обеспечения cst studio suite и изучение их возможностей. *Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий*, 3(5), –С. 76-83.

SIMULATION OF DIRECTIONAL LOG PERIODIC DIPOLE ANTENNAS USING CST STUDIO SUITE SOFTWARE AND STUDYING THEIR CAPABILITIES

Mirzokulov Kh.B.¹, Olmosov A.A.², Normakhmadov B.J.¹

¹Samarkand branch of Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan

¹ Electromagnetic compatibility services of Samarkand region, Samarkand, Uzbekistan
liverpool_2592@mail.ru, axmad1984@mail.ru

Abstract. *This article examines the types, methods of creation and technology of log-periodic dipole antennas (LDPA), and presents the features of the use of these antennas in the field of communications. During the study, an LDPA model was developed using the CST Studio Suite software product and its main parameters that determine performance quality indicators were analyzed.*

Keywords: *antenna, LDPA, dipole, modeling.*