

# Моделирование Направленных Лог-Периодических Дипольных Антенн С Использованием Программного Обеспечения CST Studio Suite И Изучение Их Характеристик

*Мирзокулов Х. Б., PhD<sup>1</sup>, Олмосов А. А.<sup>2</sup>, Хайдаров Ш. Ж.<sup>3</sup>*

**Аннотация:** В данной статье исследованы типы, методы создания и технологии логопериодических вибраторных антенн (ЛДПА), представлены особенности использования этих антенн в сфере связи.

В ходе исследования была разработана модель LDPA с использованием программного продукта CST Studio Suite и проанализированы ее основные параметры, определяющие показатели качества работы.

**Ключевые слова:** антенна, LDPA, диполь, моделирование.

## 1. Main part.

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. 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 реализованный 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.

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. 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

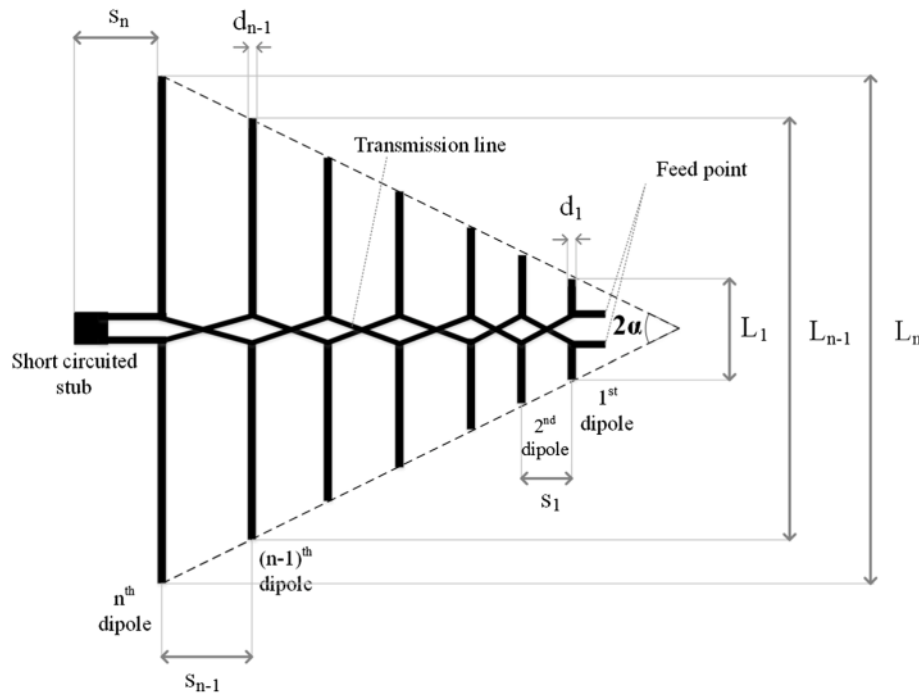
<sup>1</sup> Самаркандский филиал ТУИТ

<sup>2</sup> Самаркандский филиал ТУИТ

<sup>3</sup> Самаркандский филиал ТУИТ



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.



**Рисунок 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, зигзагообразные, 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.

Формула связывает длины диполей и расстояния:

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

где

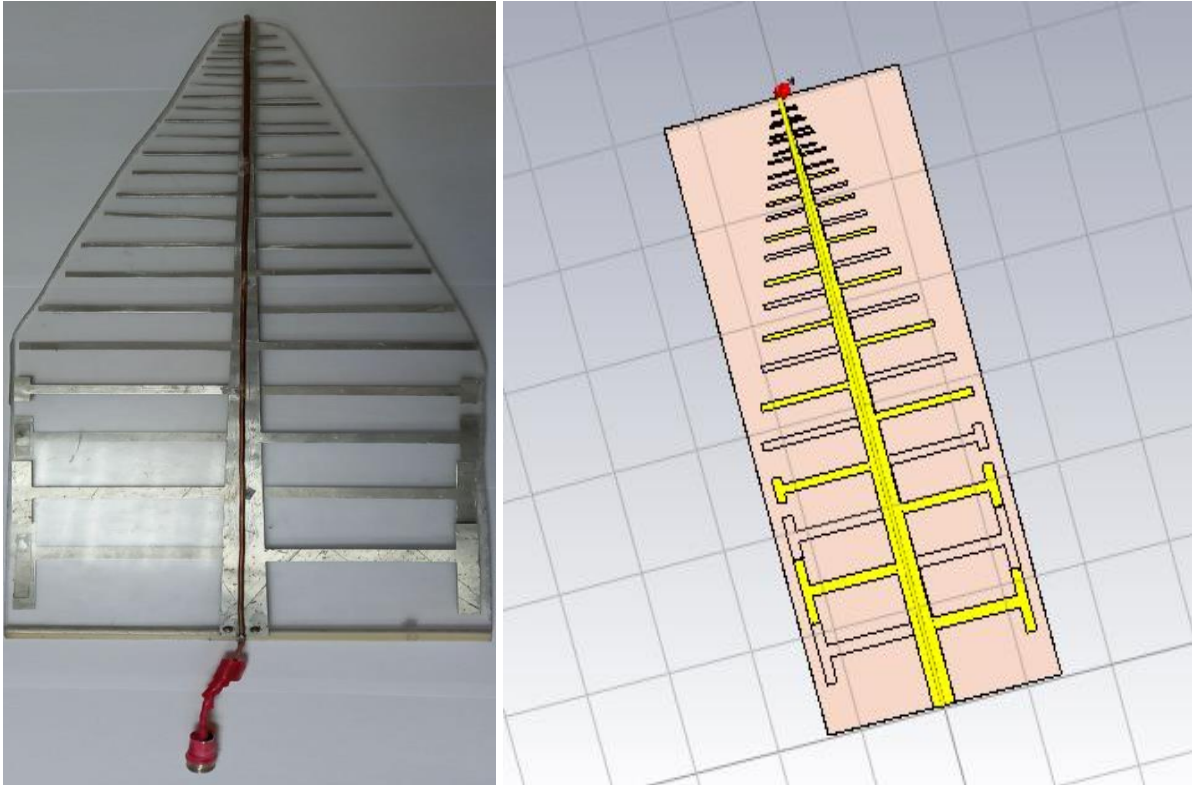
- ✓  $T$  это расчетное соотношение и  $T < 1$
- ✓  $R$  расстояние между фидером и диполем
- ✓  $l$  длина диполя.

Достигнутые направленные выгоды варьируются от умеренных до умеренных. Возможны как однонаправленные, так и двунаправленные диаграммы направленности..

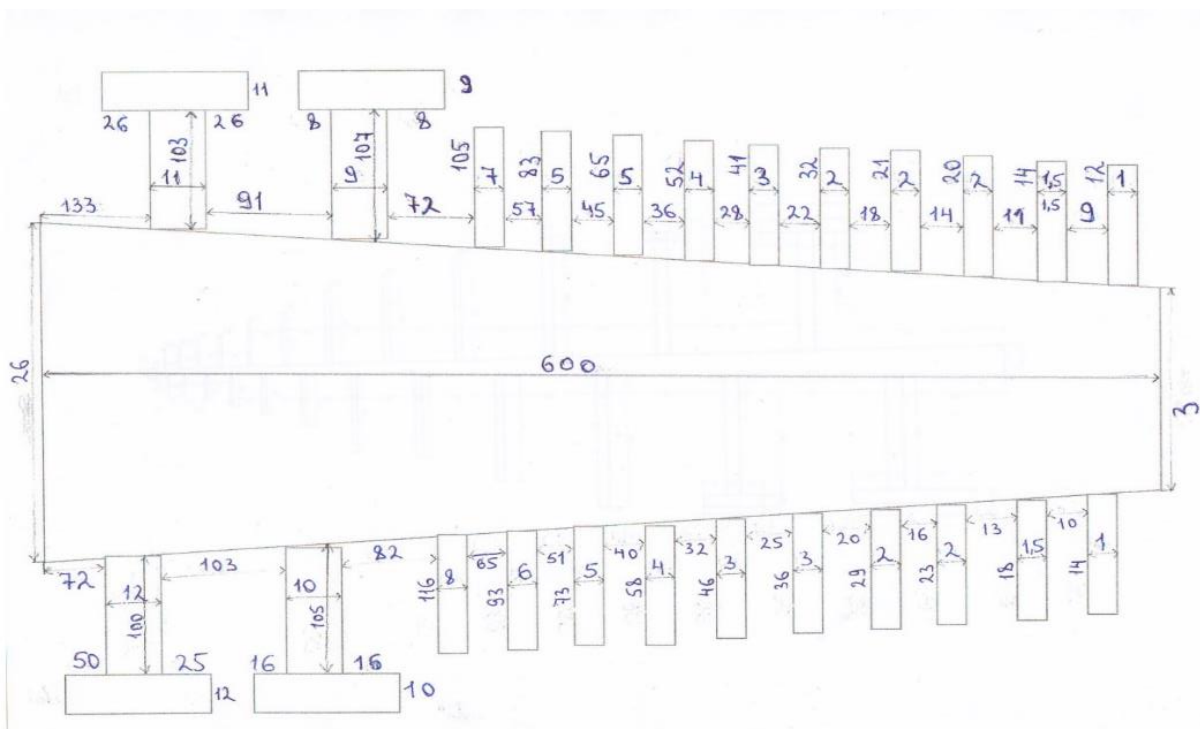
## 2. Моделирование и результаты



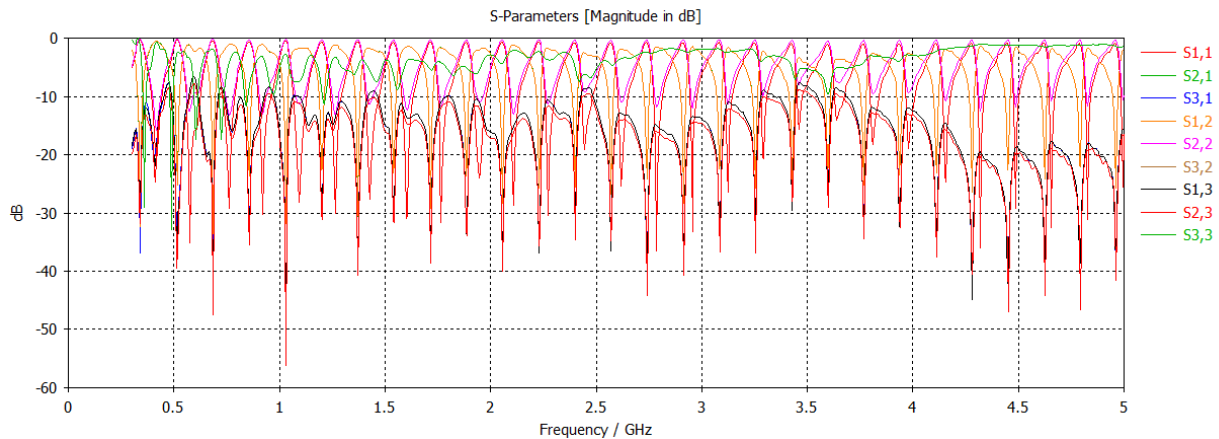
В данной работе представлены результаты измерений двенадцатиэлементного LPDA в диапазоне частот 0,4–5 ГГц в условиях открытого поля. Измерения проводятся с помощью портативного анализатора спектра Rohde and Schwartz FSH8. При использовании калиброванных биконических дипольных антенн метод эталонной антенны используется для определения усиления антенны. Чтобы сравнить результаты моделирования с измеренными результатами антенны, CST MWS 2019 разрабатывает иллюстрацию этой антенны. КСВН, реализованный коэффициент усиления и соотношение фронт-сигнал в зависимости от частоты входят в число смоделированных результатов CST MWS.



**Рис.2. Реальный вид двенадцатиэлементный LPDA (слева) и модель LPDA в CST MWS (справа)**

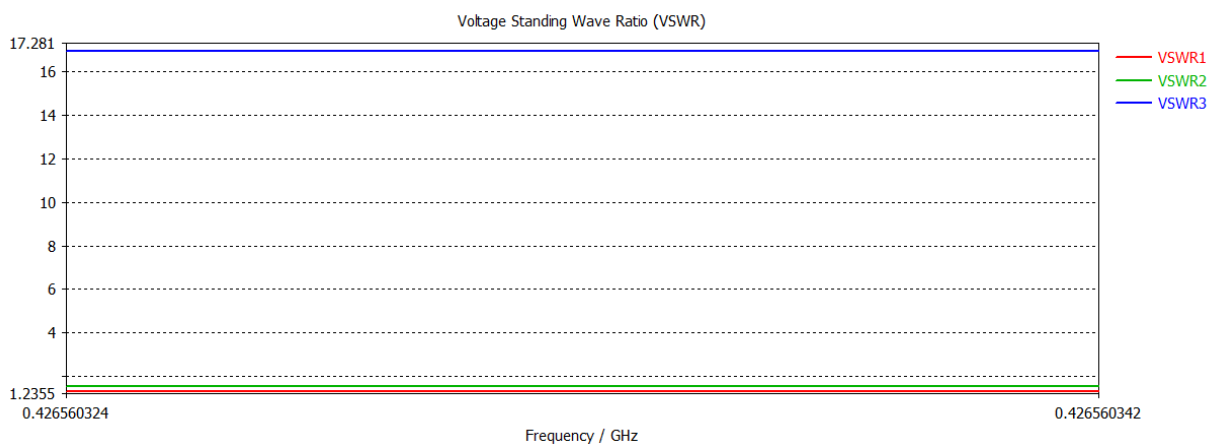


**Рис. 3. Расчетные размеры антенны.**



**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. 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.

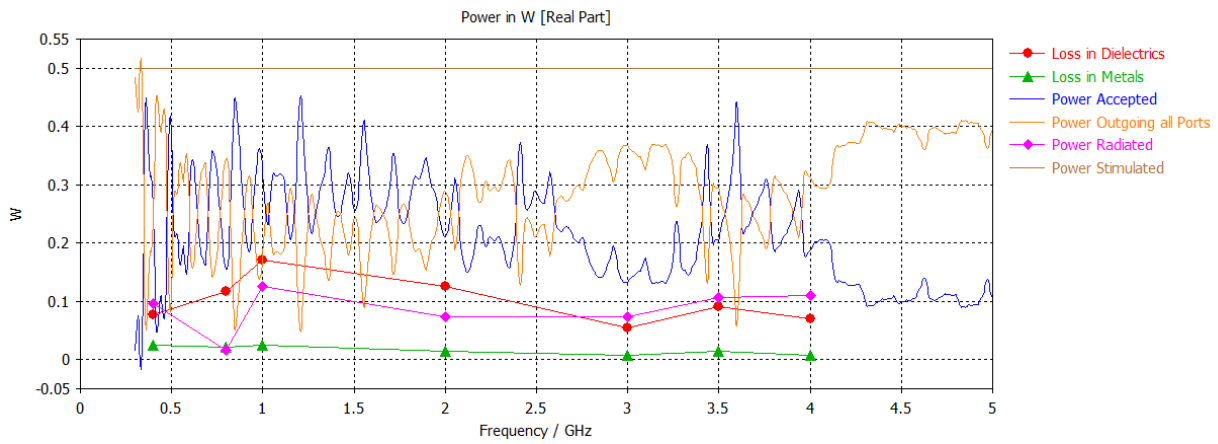


**Рис. 5. КСВН на резонансной частоте 1-5 ГГц.**

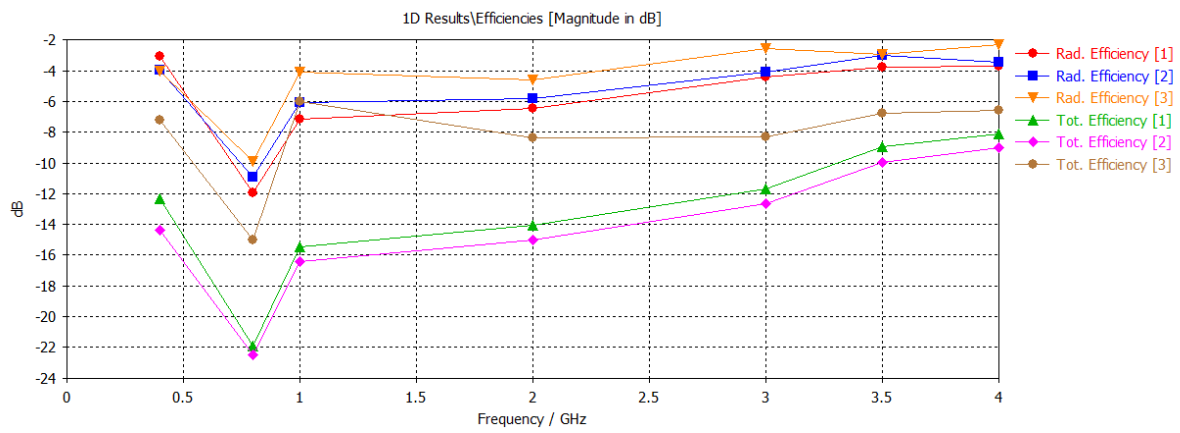
КСВН является важнейшим индикатором производительности электромагнитной антенной системы. Когда сигнал доставляется через антенну, она рассчитывает количество энергии, которая отражается обратно в передатчик. Высокий КСВН означает, что большая часть мощности отражается обратно, а не излучается антенной,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

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

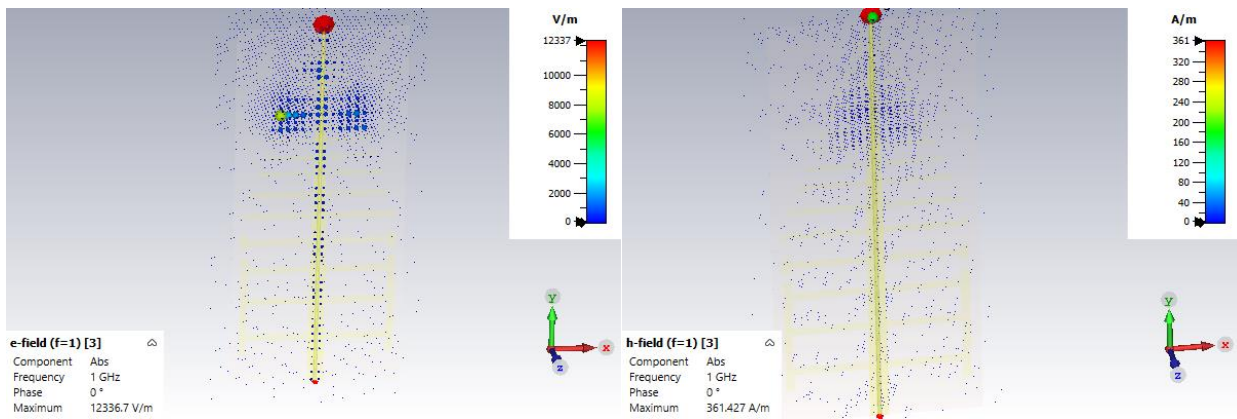




**Рис.6. Мощность возбуждения спроектированной антенны. Количество принятой, излучаемой мощности, исходящей мощности всех портов и стимулируемой мощности.**



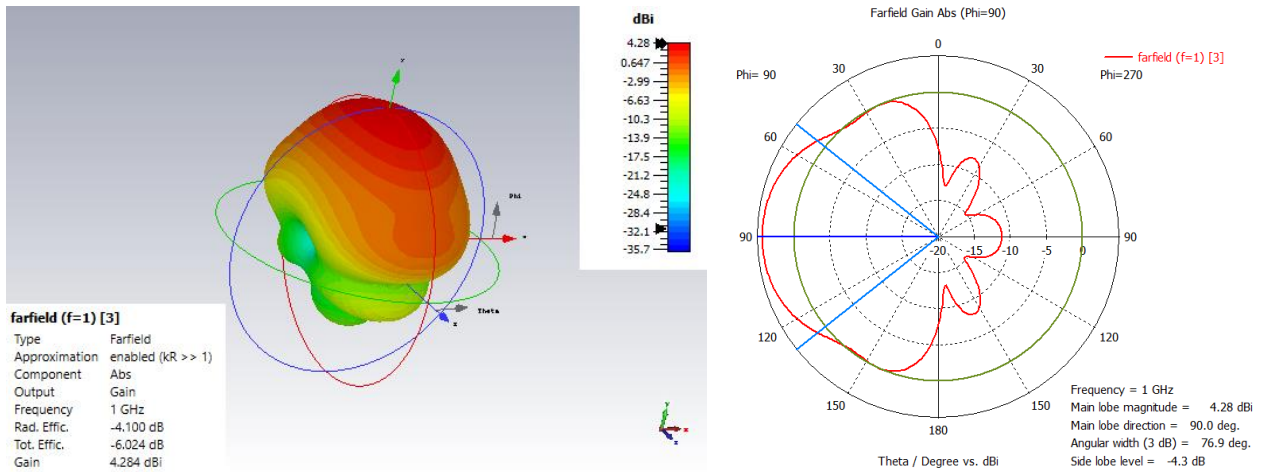
**Рис.7. Эффективность предлагаемой антенны.**



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

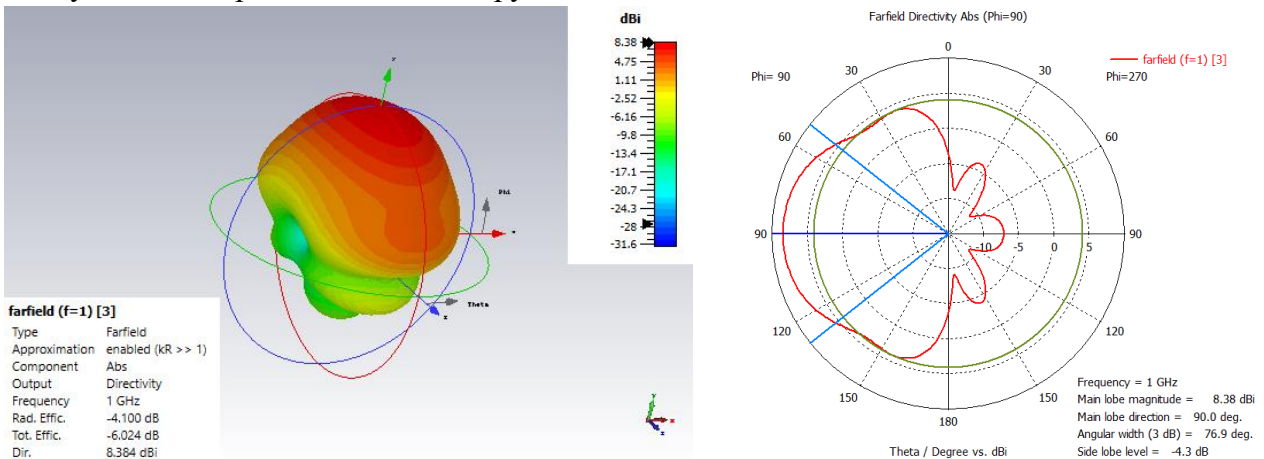
Параметр усиления каждой антенны имеет решающее значение. По сути, усиление представляет собой отношение интенсивности излучаемого поля опорной антенны. Направление наибольшего излучения называется просто коэффициентом усиления антенны, который часто обозначается как дБ. Согласно рис. 9 данного исследования,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





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



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



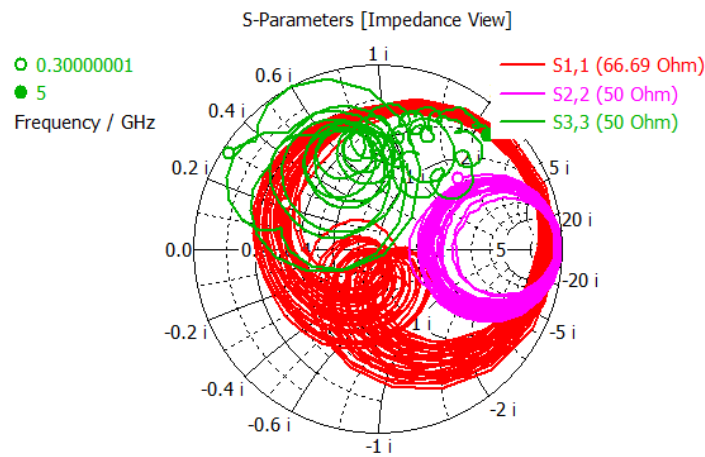


Fig.3.30. Smith Chart

### 3. Заключение

Функции временной области CST MWS успешно использовались для точного моделирования двенадцатидипольного 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.

### Использованная 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., Нормаммадов 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

