

# ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ДИПОЛЬНОЇ АНТЕНИ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

У роботі проведено дослідження процесу проектування та моделювання дипольної антени з акцентом на аналіз діаграми спрямованості. Виявлено необхідність оптимізації параметрів антени для досягнення оптимальної направленості та ефективності бездротового зв'язку. В результаті досліджень встановлено ключові фактори, що впливають на форму та характеристики діаграми спрямованості, що дозволяє вдосконалити конструкцію антени для максимального використання її потенціалу у реальних умовах експлуатації бездротових систем зв'язку.

**Ключові слова:** дипольна антена, бездротовий зв'язок, проектування антен, системи зв'язку, методи моделювання, оцінка ефективності, оптимізація, комунікаційні мережі, діаграма спрямованості, частотний діапазон.

## **Abstract**

The paper investigates the process of designing and modelling a dipole antenna with an emphasis on the analysis of the radiation pattern. The necessity of optimizing the antenna parameters to achieve optimal directivity and wireless communication efficiency is revealed. As a result of the research, the key factors affecting the shape and characteristics of the radiation pattern were identified, which allows to improve the antenna design to maximize its potential in real-world wireless communication systems.

**Keywords:** dipole antenna, wireless communication, antenna design, communication systems, modeling techniques, performance evaluation, optimization, communication networks, radiation pattern, frequency range.

## **Вступ**

Дипольні антени є основним компонентом у сфері бездротового зв'язку, слугуючи незамінними каналами для передачі та прийому електромагнітних сигналів [1]. Їх проста, але ефективна конструкція, що характеризується двома провідними елементами, які виходять з центральної точки, сприяє їх широкому застосуванню в різних системах зв'язку [2]. Розробка і моделювання дипольних антен є критично важливим напрямком роботи, необхідним для оптимізації їхньої продуктивності, покращення розповсюдження сигналів і розширення можливостей комунікаційних мереж [3]. Це дослідження заглиблюється в тонкощі проектування та моделювання дипольних антен, з'ясовуючи основні принципи, методології та значення в сучасних комунікаційних ландшафтах [4, 5]. Заглиблюючись у нюанси дипольних антен, ми прагнемо розгадати складнощі, притаманні їхній розробці, пропонуючи розуміння їхніх конструктивних міркувань, методів моделювання, метрик оцінки ефективності та потенційних майбутніх інновацій [6, 7].

Мета роботи полягає в створенні нової конструкції дипольної антени та проведенні модельних досліджень її спрямованих властивостей. Це охоплює вивчення різних аспектів дизайну та оптимізації антени з метою досягнення покращення її характеристик, таких як направленість, коефіцієнт підсилення, ширина смуги пропускання тощо. Результати модельних досліджень допоможуть у з'ясуванні ефективності та потенційних обмежень нової конструкції антени перед її фізичною реалізацією та впровадженням у практику бездротового зв'язку.

## **Результати дослідження**

Дипольна антена складається з двох полюсів, в які протікає радіочастотний струм. Цей струм і напруга спричиняють випромінювання електромагнітного або радіосигналу. Якщо бути більш точним, то диполь - це зазвичай антена, яка використовує резонансну довжину провідника. Цей провідник обрізають так, щоб його можна було з'єднати з тим, що посилає сигнал. Для резонансу довжина

провідника дорівнює непарній кількості напівхвиль. У більшості випадків використовується одна півхвиля.

Довжина диполя дуже важлива для вибору частоти, на якій буде працювати антена. Антена має електричну довжину в півхвилі або кратну довжині півхвилі. Це не та сама довжина, що й довжина хвилі для сигналу, який поширюється в повітрі. На це є кілька причин. Це означає, що антена буде трохи коротшою за довжину, розраховану для хвилі, що рухається в повітрі.

Перейдемо до основних кроків проектування дипольної антени (рис. 1):

1. Створення геометрії:

- Створимо циліндр, який буде представляти собою провідник антени.
- Використаємо булеву операцію "віднімання", щоб видалити частину циліндра, щоб сформувати дипольну антену.
- Додаймо матеріали до антени: мідь для провідника і пластик для ізолятора.

2. Створення сітки:

- Розіб'ємо антену на дрібні тетраедричні елементи.
- Задаймо розмір елемента, який відповідає потрібній точності.

3. Задання граничних умов:

- Зафіксуємо один кінець антени.
- Додамо збудження до іншого кінця антени.

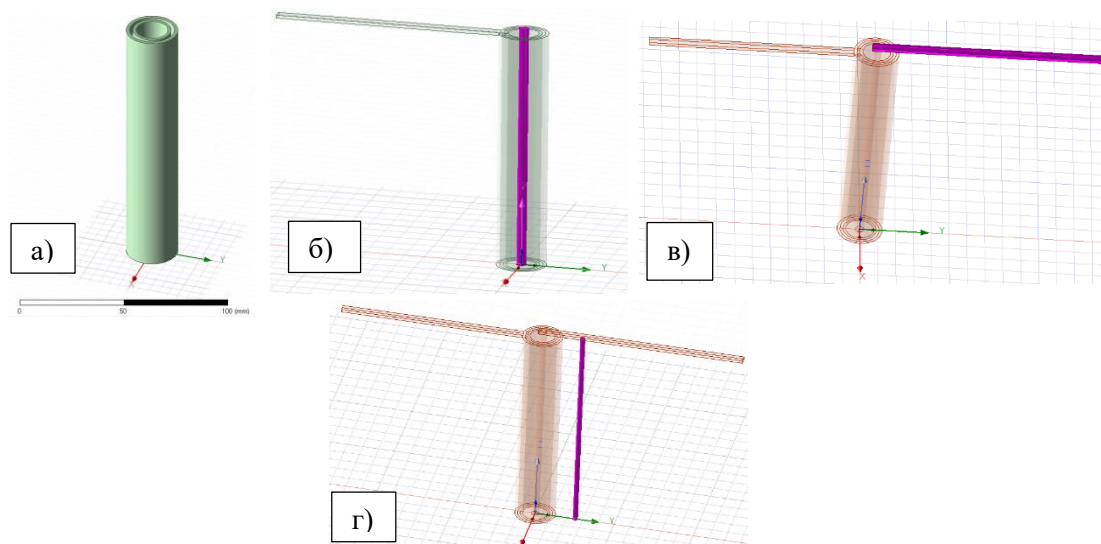


Рис. 1. Процес проектування дипольної антени: а) задання внутрішнього та зовнішнього радіуса стержня, б) створення центрального стержня, в) додавання плеча г) під'єднання заземлення

### Створення відкритої області

Відкрита область - це об'єм, що оточує відкриту модель (наприклад, антену), в якому обчислюються ближні поля. Зовнішні поверхні області мають застосовані границі випромінювання, FE-BI або PML, які поглинають виходячі електромагнітні хвилі, тим самим завершуючи модель (рис. 2). Матеріал за замовчуванням для відкритої області - це вакуум, що також підходить для визначення поведінки полів у повітрі (різниця у поведінці полів між повітрям і вакуумом незначна).

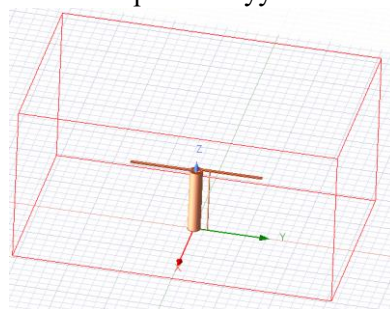


Рис.2. Вигляд відкритої області в загальній структурі

Далі було визначено збудження хвильового порту попередньо заданому колу порту (рис. 3).

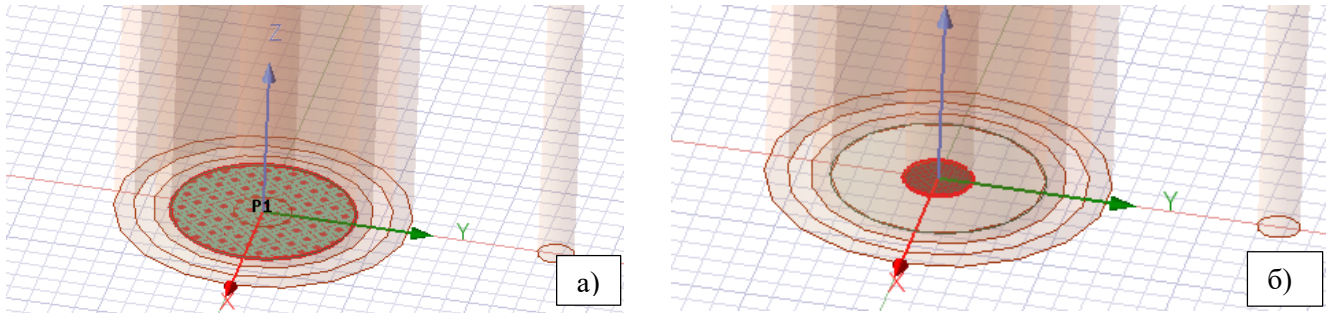


Рис.3. Візуалізація хвильового порту

На рис. 3 зображено збудження хвильового порту та пов'язане з ним коло порту, візуалізоване на моделі.

Графік залежності S-параметру від частоти наведений на рис. 4.

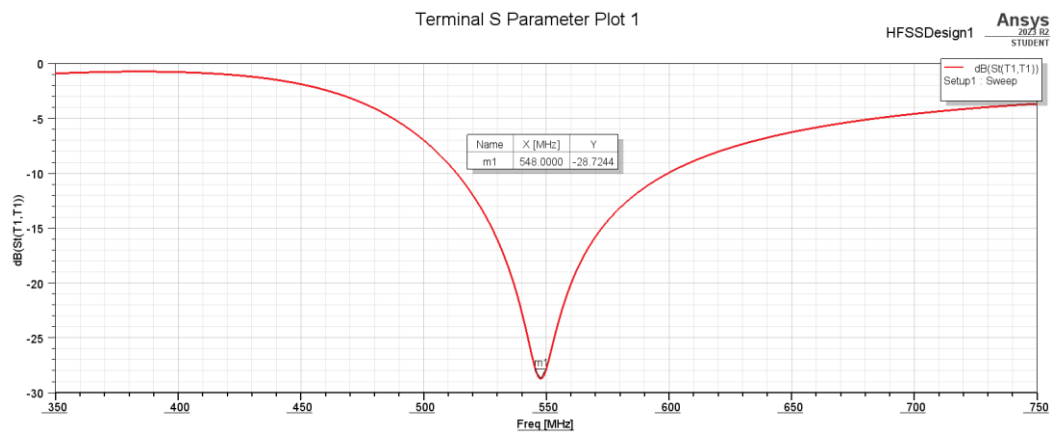


Рис.4. Графік залежності S-параметру від частоти

Точка m1 визначає резонансну частоту дипольної антени яка є точкою найменшого відбиття сигналу.

Накладення графіків коефіцієнта підсилення дальнього поля. Щоб оцінити діаграму спрямованості антени, було створено два графіки полярного поля, один з яких показує загальний коефіцієнт підсилення для  $\varphi = 0^\circ$ , а другий - для  $\varphi = 90^\circ$  (рис. 5).

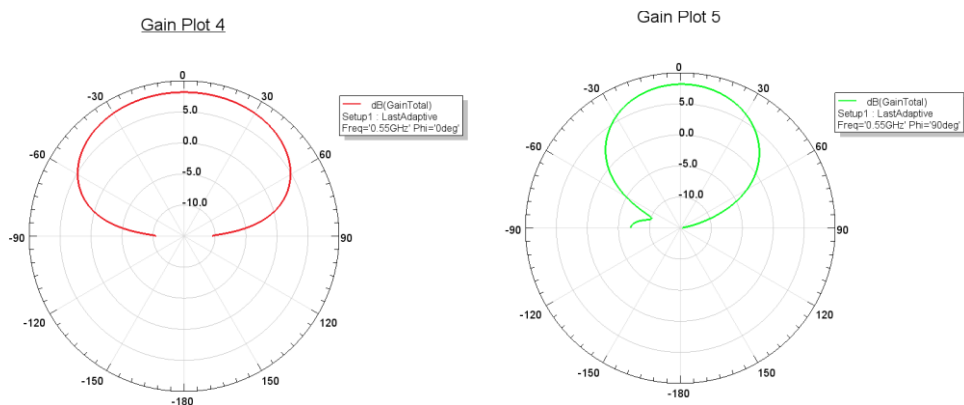


Рис.5. Графіки полярного поля з коефіцієнтом підсилення для  $\varphi = 0^\circ$  та  $\varphi = 90^\circ$

На рис. 6 відображено, в яких напрямках антена випромінює або приймає сигнал.

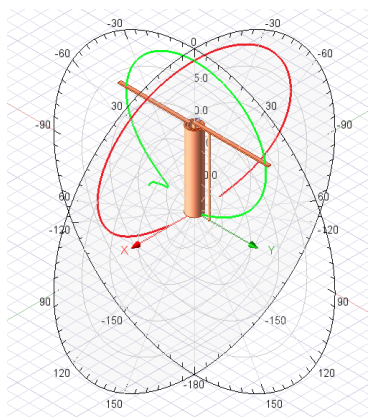


Рис. 6 - Накладення поля випромінювання

Накладення поля випромінювання на дипольну антену - це процес, який дозволяє визначити розподіл електромагнітного поля навколо антени в результаті випромінювання сигналу. Цей процес дозволяє досліджувати та визначати характеристики випромінювання дипольної антени, що є важливим для розуміння та оптимізації її ефективності в реальних умовах експлуатації.

### Висновки

У висновку дослідження з проектування та моделювання дипольної антени було встановлено, що оптимізація параметрів антени є ключовим чинником для досягнення максимальної ефективності бездротового зв'язку. Аналіз діаграми спрямованості дозволив ідентифікувати основні параметри, які впливають на характеристики антени та її здатність передавати сигнал у визначеному напрямку. Отримані результати підтвердили необхідність подальших досліджень та оптимізації конструкції антени з метою забезпечення найвищої ефективності зв'язку в різних умовах експлуатації. В цілому, висновки дослідження вказують на важливість вдосконалення та адаптації антен для сучасних бездротових систем зв'язку з метою досягнення найкращих результатів у передачі та отриманні сигналів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Льницький Л.Я., Сібрук Л.В., Слободянюк П.В., Благодарний В.Г. «Антенні телекомунікаційних та моніторингових систем», За ред Л.Я. Льницького. – К., 2012. – 240 с
2. Семенова О. О., Семенов А. О., Белов В. С. Системи рухомого зв'язку. (2017) [друк.].
3. Крушевський Ю. В., Семенов А. О., Коваль К. О. Пристрої надвисоких частот та антени. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. (2013) [друк.].
4. Иванов В.О., Сібрук Л.В., Габрусенко Є.І. Електродинаміка та пристрої надвисоких частот. – Київ, НАУ, 2009. – 312 с.
5. Imad Jawhar, Nader Mohamed, Jameela Al-Jarood. (2015) UAV-based data communication in wireless sensor networks: Models and Strategies. International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS).
6. Balanis C. A. Antenna Theory: Analysis and Design. 4th Edition / C. A. Balanis. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2016. – 534 p.
7. Прудіус І.Н. Основи антенної техніки. — Посібник, Львів, 2000. — 220с.

**Семенов Андрій Олександрович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [semenov.a.o@vntu.edu.ua](mailto:semenov.a.o@vntu.edu.ua)

**Шрейтер Олександр Сергійович** — студент групи ТКР-20б, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [sashashreyter@gmail.com](mailto:sashashreyter@gmail.com)

**Semenov Andriy Oleksandrovych** — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Chair of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [semenov.a.o@vntu.edu.ua](mailto:semenov.a.o@vntu.edu.ua)

**Shreyter Oleksandr Serhiiovych** — student of group TCR-20b, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [sashashreyter@gmail.com](mailto:sashashreyter@gmail.com)