

ФАЗОВАНА АНТЕННА РЕШІТКА З 3×3 ЕЛЕМЕНТІВ ЯГІ–УДА ДЛЯ РЛС ДЕЦИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено фазовану антенну решітку з 3×3 елементів Ягі–Уда, оптимізовану для застосування в радіолокаційних системах дециметрового діапазону. Наведено результати моделювання, що демонструють високі значення підсилення, прийнятний рівень взаємного зв'язку та можливість електронного сканування. Розроблена конструкція може бути використана як основа для створення компактних РЛС середньої дальності.

Ключові слова: фазована антена решітка, Ягі–Уда, дециметровий діапазон, діаграма спрямованості, електронне сканування, радіолокація.

Вступ

Фазовані антени решітки (ФАР) є ключовим елементом сучасних радіолокаційних систем дециметрового діапазону, забезпечуючи електронне сканування простору, підвищену завадостійкість та можливість формування вузьких діаграм спрямованості [1]. Антена Ягі–Уда вирізняється простою конструкцією, високим коефіцієнтом підсилення та добрим придушенням бічних пелюсток, що робить її придатною для використання в малогабаритних решітках. У даній роботі розглядається проектування та аналіз фазованої антенної решітки, що складається з 3×3 елементів Ягі–Уда, оптимізованої для роботи в дециметровому діапазоні частот. Метою дослідження є оцінка електромагнітних параметрів, характеру взаємного зв'язку між елементами та можливостей електронного сканування.

Метою роботи є розроблення нової конструкції фазованої антенної решітки з 3×3 елементів Ягі–Уда для РЛС та дослідження її роботи в дециметровому діапазоні.

Основні завдання дослідження:

- розроблення геометрії та моделі окремого елемента Ягі–Уда;
- визначення оптимальних міжелементних відстаней та оцінка взаємного зв'язку;
- аналіз параметрів сформованої діаграми спрямованості;
- дослідження можливостей електронного сканування за фазовим керуванням.

Результати дослідження

Розроблена решітка містить дев'ять ідентичних антен Ягі–Уда з типовою конфігурацією активного відбратора, рефлектора та одного директора. Моделювання проведено методом із застосування HFSS ANSYS. Оптимальна відстань між елементами становила близько $0,6\lambda$, що забезпечило компроміс між рівнем взаємного зв'язку та шириною головної пелюстки (рис. 1) [2]. Коефіцієнт підсилення окремого елемента досягав 6,95 dBi, тоді як сформована решіткою головна пелюстка забезпечувала сумарне підсилення 17,4 dBi на частоті 1 ГГц.

Досліджено вплив фазового керування на електронне сканування. При зміні фази живлення елементів на $\pm 45^\circ$ забезпечувалося відхилення головної пелюстки до $\pm 25^\circ$ від нормалі без суттєвого зростання бічних пелюсток. Взаємний зв'язок між сусідніми елементами не перевищував $-12\dots-14$ dB, що є прийнятним для формування стабільної ДС. Аналіз ширини смуги показав можливість роботи в діапазоні близько 6–8 %, що відповідає вимогам більшості дециметрових РЛС середньої дальності.

Проведена оптимізація геометрії директорів і рефлектора дозволила знизити рівень задньої пелюстки на 3–4 dB, що підвищило відношення сигнал/шум у напрямку прийому. Механічна конструкція решітки передбачає модульність та можливість масштабування до форматів 4×4 або 5×5.

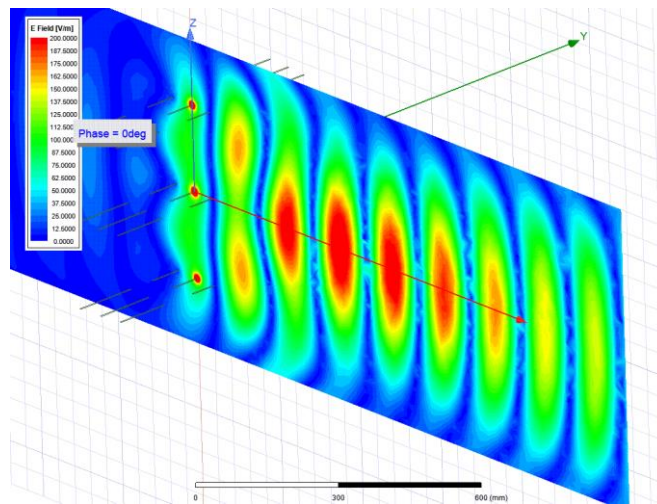


Рисунок 1 – Моделювання фазованої антенної решітки з 3×3 елементів Ягі–Уда

Висновки

Розроблена фазована антена решітка з 3×3 елементів Ягі–Уда демонструє високі показники підсилення та ефективне електронне сканування в межах $\pm 25^\circ$. Дециметровий діапазон забезпечує придатність для застосування в мобільних та стаціонарних РЛС. Отримані результати підтверджують перспективність використання комбінованих Ягі–Уда елементів у компактних ФАР та можуть бути основою для подальшої розробки апаратних прототипів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Semenov, O. Semenova, N. Kryvinska, A. Krystoforov, P. Kurovskyi, O. Kaplychnyi. Development of a microwave resonant waveguide slot antenna with in-phase slot excitation. *Technology Audit and Production Reserves*, vol. 1, no. 2(69), pp. 36–43, Feb. 2023. DOI: 10.15587/2706-5448.2023.274990
2. Семенов А.О., Семенова О.О., Пінаєв Б.О., Білик О.В., Шпильовий О.О. Дослідження густини потоку електромагнітного випромінювання від елементарного електричного випромінювача у ближній та проміжних зонах. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 33 (72) № 3 2022. С. 13-19. DOI: 10.32838/2663-5941/2022.3/03

Круглюк Микола Юрійович — студент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kruglyuk.kolya4@gmail.com

Науковий керівник: **Семенов Андрій Олександрович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

PHASED ANTENNA ARRAY OF 3×3 YAGI–UDA ELEMENTS FOR DECIMETER-BAND RADAR SYSTEMS

Abstract

This paper presents a 3×3 phased antenna array based on Yagi–Uda elements optimized for decimeter-band radar applications. Simulation results show high gain, acceptable mutual coupling, and effective electronic beam steering. The proposed design can serve as a foundation for compact medium-range radar systems.

Keywords: phased array antenna, Yagi–Uda, decimeter band, radiation pattern, electronic scanning, radar.

Kruglyuk Mykola Yuriyovych — student at the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kruglyuk.kolya4@gmail.com

Supervisor: **Semenov Andriy Oleksandrovych** — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua