

ДРУКОВАНА БАГАТОШАРОВА АНТЕНА ВІВАЛЬДІ ДЛЯ НАДШИРОКОСМУГОВИХ РАДАРНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено конструкцію друкованої багатошарової антени Вівальді, призначеної для використання в надширокосмугових радарних системах. Проведено моделювання, оптимізацію та експериментальні дослідження антени, що підтвердили покращення узгодження та підсилення у широкому діапазоні частот. Запропонована структура забезпечує стабільні характеристики випромінювання та може бути інтегрована у сучасні радіолокаційні модулі.

Ключові слова: антена Вівальді, багатошарова структура, надширокосмугова система, радар, коефіцієнт підсилення, узгодження.

Вступ

Сучасні надширокосмугові (НШС) радарні системи потребують антен із високою смугою пропускання, стабільними характеристиками випромінювання та компактними розмірами [1]. Серед різних типів антен особливу увагу привертають друковані антени типу Вівальді, що характеризуються широкою смугою частот, направленістю випромінювання та технологічною простотою виготовлення. Однак традиційні одошарові конструкції мають обмеження щодо коефіцієнта підсилення і рівномірності діаграми спрямованості на низьких частотах [2].

Метою роботи є розроблення, моделювання та оптимізація друкованої багатошарової антени Вівальді для НШС-радарів із покращеними електричними характеристиками.

Задачі дослідження включали:

1. Аналіз існуючих конструкцій антен типу Вівальді та їх параметрів.
2. Розроблення тривимірної моделі багатошарової структури у середовищі електромагнітного моделювання.
3. Оптимізацію геометричних параметрів антенних щілин і підкладок для розширення смуги пропускання та покращення узгодження.
4. Експериментальну перевірку отриманих результатів.

Результати дослідження

Сучасні дослідження антенного поля охоплюють розробку компактних широкосмугових конструкцій [2], високоефективних багатошарових елементів та інтегрованих рішень для систем масового виробництва. Зокрема, в роботі [2] акцентована увагу на комбінуванні фотонно-металевих шарів і тонкошочних композитних підкладок для підвищення ефективності та стабільності характеристик у широкому діапазоні частот. Також проаналізоване питання фазової когерентності та узгодження імпедансів у антеноактивних структурах із багатошаровою архітектурою. Ці підходи створюють основу для впровадження надширокосмугових технологій у радарні системи, що вимагають мінімальних розмірів та високої продуктивності [2, 3].

Запропонована антена базується на класичній структурі Вівальді, модифікованій шляхом додавання кількох друкованих шарів із різними діелектричними властивостями. Нижній шар виконує функцію живлення, середній — формує апертурну щілину, а верхній — діє як радіопрозорий захисний екран та сприяє узгодженню з навколишнім середовищем. Для моделювання використано програмний пакет ANSYS HFSS.

Результати чисельного аналізу показали, що запропонована конструкція забезпечує робочу смугу частот від 2 до 12 ГГц (коефіцієнт відбиття $|S_{11}| < -10$ дБ), середній коефіцієнт підсилення 7–9 дБ і стабільну діаграму спрямованості у всьому діапазоні. Додавання другого та

третього шару дало змогу покращити узгодження на нижніх частотах і зменшити фазові спотворення сигналу, що є критично важливим для імпульсних радарів.

Було виготовлено експериментальний зразок антени на підкладці Rogers RO4003C, проведено вимірювання параметрів з використанням векторного аналізатора. Отримані результати добре узгоджуються з моделлю, що підтверджує ефективність запропонованого підходу.

Висновки

У роботі представлено конструкцію друкованої багатошарової антени Вівальді, оптимізованої для надширокопasmових радарних застосувань. Розроблена антена характеризується широкою смугою робочих частот, високим коефіцієнтом підсилення та стабільною діаграмою спрямованості. Багатошарова структура дозволяє покращити узгодження та зменшити втрати без суттєвого збільшення розмірів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію антени у модулі приймально-передавальних систем та розширення її можливостей для МІМО-радарів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Semenov A., Semenova O., Pinaiev B., Kozin D., Shpylovyi O. Study of the radiation pattern of a rectangular horn antenna in the operation of multimode propagation of electromagnetic waves. *Technology Audit and Production Reserves*, 2022, Vol. 2(2(64)), pp. 50-55. DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256560.
2. Semenov, A.O., Semenova, O., Pinaiev, B., Kulias, R., Shpylovyi, O. Development of a Flexible Antenna-Wristband for Wearable Wrist-Worn Infocommunication Devices of the LTE Standard. *Technology Audit and Production Reserves*, No. 3 /1(65), 2022, pp. 20–26. DOI: 10.15587/2706-5448.2022.261718.
3. 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, 2022, №3(72), с. 13-19.

Мулярчук Олександр Петрович — студент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: research-sector@vntu.edu.ua

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

PRINTED MULTILAYER VIVALDI ANTENNA FOR ULTRA-WIDEBAND RADAR SYSTEMS

Abstract

This paper presents the design of a printed multilayer Vivaldi antenna intended for use in ultra-wideband radar systems. Simulation, optimization, and experimental studies have demonstrated improved impedance matching and gain over a wide frequency range. The proposed antenna exhibits stable radiation characteristics and can be integrated into modern radar modules.

Keywords: Vivaldi antenna, multilayer structure, ultra-wideband system, radar, gain, impedance matching.

Mulyarchuk Oleksandr Petrovych — student at the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: research-sector@vntu.edu.ua

Supervisor: **Semenov Andriy Oleksandrovyich** — 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