

ШИРОКОСМУГОВА АНТИПОДАЛЬНА АНТЕНА ВІВАЛЬДІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено особливості широкосмугової антиподальної антени Вівальді та проаналізовано її основні електродинамічні характеристики. Розглянуто вплив геометричних параметрів антени на коефіцієнт відбиття, діаграму спрямованості та коефіцієнт підсилення у широкому діапазоні частот. Показано перспективність застосування антиподальної антени Вівальді у сучасних системах широкосмугового зв'язку, радіолокації та надширокосмугових вимірювальних комплексах.

Ключові слова: антена Вівальді, антиподальна антена, широкосмугова антена, діаграма спрямованості, коефіцієнт підсилення, надширокосмугові системи.

Abstract

The paper investigates the features of a broadband antipodal Vivaldi antenna and analyzes its main electrodynamic characteristics. The influence of antenna geometric parameters on the reflection coefficient, radiation pattern, and gain within a wide frequency range is considered. The prospects of using the antipodal Vivaldi antenna in modern broadband communication systems, radar applications, and ultra-wideband measurement systems are demonstrated.

Keywords: Vivaldi antenna, antipodal antenna, broadband antenna, radiation pattern, antenna gain, ultra-wideband systems.

Вступ

Сучасні телекомунікаційні системи, радіолокаційні комплекси, системи надширокосмугового зв'язку та засоби радіомоніторингу потребують використання антен із широкою смугою робочих частот, високою спрямованістю та стабільними характеристиками випромінювання [1, 2]. Особливо актуальним є застосування широкосмугових антен у системах п'ятого покоління, радіолокації надвисокої роздільної здатності, медичних сканувальних системах і пристроях електромагнітної сумісності [3]. Одним із найбільш перспективних типів широкосмугових випромінювачів є антена Вівальді, яка характеризується плавною зміною геометрії апертури та можливістю роботи в широкому діапазоні частот [4].

Антиподальна антена Вівальді є різновидом щільної експоненціальної антени, у якій провідні шари розташовані по різні боки діелектричної підкладки [5]. Така конструкція забезпечує кращу узгодженість у широкій смузі частот, покращує спрямовані властивості та знижує рівень паразитного випромінювання [6]. Крім того, антиподальна структура дає можливість реалізувати компактні антени для інтеграції у друковані радіотехнічні пристрої [7].

Метою роботи є розроблення конструкції і дослідження характеристик широкосмугової антиподальної антени Вівальді та визначення особливостей її конструкції, що впливають на електродинамічні параметри.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати принцип роботи антени Вівальді;
- дослідити вплив геометричних параметрів антени на коефіцієнт відбиття та діаграму спрямованості;
- оцінити робочий частотний діапазон і коефіцієнт підсилення антени;
- визначити переваги та обмеження антиподальної конструкції.

Результати дослідження

Антиподальна антена Вівальді складається з діелектричної підкладки, на обох сторонах якої розміщені металізовані експоненціальні провідники (рис. 1). Основною особливістю конструкції є плавне розширення щілини, що забезпечує поступовий перехід електромагнітної хвилі від лінії живлення до області випромінювання. Такий принцип дозволяє мінімізувати втрати на відбиття та забезпечити стабільну роботу в широкій смузі частот.

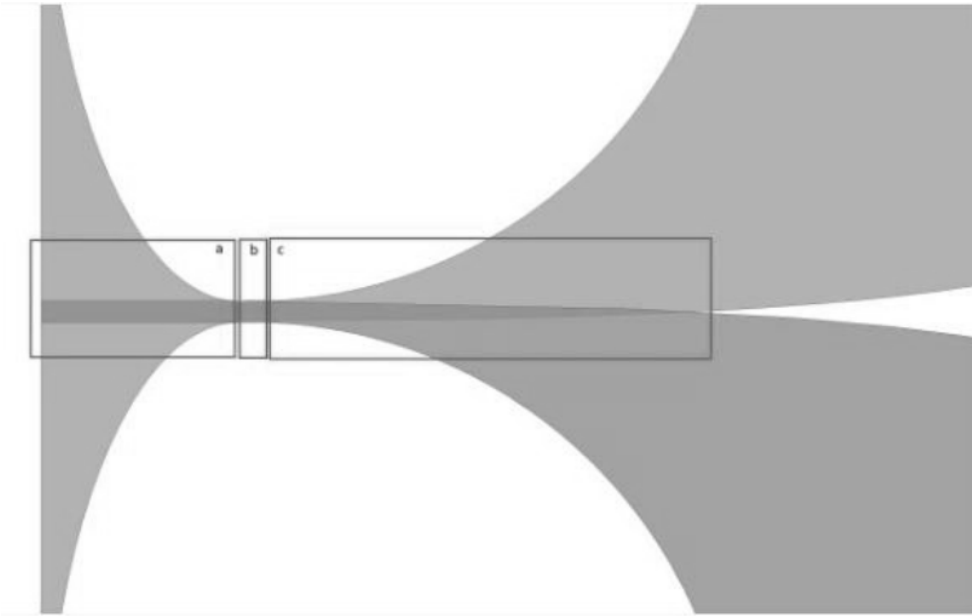


Рис. 1. Антиподальна антена Вівальді з апертурним зв'язком

У ході досліджень було проаналізовано вплив геометричних параметрів антени на її характеристики. Встановлено, що ширина апертури визначає нижню межу робочого діапазону частот, тоді як форма експоненціального розкриву впливає на узгодження та рівень бокових пелюсток діаграми спрямованості. Збільшення довжини антени сприяє підвищенню коефіцієнта підсилення, однак водночас призводить до збільшення габаритних розмірів конструкції.

Для оцінювання характеристик антени було проведено електродинамічне моделювання у широкому діапазоні частот. Отримані результати показали, що коефіцієнт стоячої хвилі за напругою залишається меншим за 2 у діапазоні частот від 0,8 до 6,0 ГГц, що свідчить про ефективне узгодження антени з фідерним трактом із хвильовим опором 50 Ом. Максимальний коефіцієнт підсилення антени досягає 7,9 дБ у верхній частині робочого діапазону.

Аналіз діаграм спрямованості показав, що антена формує виражене односпрямоване випромінювання з порівняно не надто широкою головною пелюсткою. При підвищенні частоти спостерігається звуження діаграми спрямованості та збільшення коефіцієнта направленої дії. Водночас у нижній частині діапазону можливе виникнення асиметрії діаграми через вплив крайових ефектів та неоднорідностей поля в області апертури.

Однією з важливих переваг антиподальної антени Вівальді є її технологічність. Антена може виготовлятися методами друкованої електроніки на стандартних діелектричних матеріалах, що забезпечує невисоку собівартість і можливість інтеграції з мікросмужковими пристроями. Крім того, використання антиподальної структури дозволяє реалізувати плавний перехід від мікросмужкової лінії до щілинної області без складних узгоджувальних елементів.

Висновки

У роботі досліджено особливості широкосмугової антиподальної антени Вівальді та проаналізовано її основні електродинамічні характеристики. Встановлено, що застосування експоненціального

розкрити та антиподальної структури забезпечує ефективне узгодження у широкій смузі частот і формування спрямованого випромінювання. Показано, що геометричні параметри антени суттєво впливають на коефіцієнт підсилення, ширину робочого діапазону та форму діаграми спрямованості. Отримані результати підтверджують перспективність використання антиподальних антен Вівальді у сучасних широкосмугових системах зв'язку, радіолокації та надширокосмугових вимірювальних комплексах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Semenov A., Semenova O., Meulesteen S. Flexible Antenna for Cellular IoT Device. In *2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW)*, 14-18 November 2022, Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 293–298. DOI: <https://doi.org/10.1109/ukrmw58013.2022.10037036>
2. Semenova O., Semenov A., Meulesteen S., Kryvinska N., Pastushenko H. Intelligent matching technique for flexible antennas. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 14(4), 2024, pp. 16–22. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.6500>
3. Semenov A., 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*, Vol. 3, No. 1(65), 2022, pp. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.261718>
4. Dastranj A. Wideband antipodal Vivaldi antenna with enhanced radiation parameters. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 2015, 9(15), 1755–1760. <https://doi.org/10.1049/iet-map.2015.0155>
5. Molaei A., Kaboli M., Mirtaheri S. A., Abrishamian M. S. Dielectric lens balanced antipodal Vivaldi antenna with low cross-polarisation for ultra-wideband applications. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 2014, 8(14), 1137–1142. <https://doi.org/10.1049/iet-map.2014.0207>
6. Natarajan R., George J. V., Kanagasabai M., Lawrance L., Moorthy B., Rajendran D. B., Nabi Alsath M. G. Modified antipodal Vivaldi antenna for ultra-wideband communications. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 2016, 10(4), 401–405. <https://doi.org/10.1049/iet-map.2015.0089>
7. Cabral D. S., Manera L., Zoccal L. B., Ferreira D. B., Prudenizano F. Design of an Antipodal Vivaldi Antenna Focusing on Constructional Aspects. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, 2021, Vol. 20, Issue 4, pp. 777–789. FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/2179-10742021v20i41270>

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

Ковган Андрій Васильович — студент групи ТКР-22б, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kovscript@gmail.com

Ковган Сергій Васильович — студент групи ТКР-22б, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: serakovgan78@gmail.com

Клімов Владислав Олегович — студент групи ТКР-22б, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 2000klimov00@gmail.com

Semenov Andrii Oleksandrovych — Dr. Sc., Full Professor, Professor of the Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Kovhan Andrii Vasyliovych — student in group TKR-22b, Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kovscript@gmail.com

Kovhan Serhii Vasiliovich — student of group TKR-22b, Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: serakovgan78@gmail.com

Klimov Vladyslav Olegovich — student of group TKR-22b, Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 2000klimov00@gmail.com