

ПЛАНАРНА АНТЕННА РЕШІТКА З ПАТЧ АНТЕН ДЛЯ ВБУДОВАНИХ ЗАСТОСУВАНЬ МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНІКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто розробку та дослідження планарної антенної решітки на основі патч-антен для вбудованих застосувань мікросистемної техніки. Проведено електромагнітне моделювання структури та визначено її основні характеристики, зокрема резонансну частоту, діаграму спрямованості й коефіцієнт підсилення. Отримані результати підтверджують ефективність використання запропонованої антенної решітки в компактних бездротових пристроях.

Ключові слова: планарна антенна решітка; патч-антена; мікросистемна техніка; вбудовані системи; діаграма спрямованості; електромагнітне моделювання.

Вступ

Розвиток мікросистемної техніки, Інтернету речей (IoT), бездротових сенсорних мереж, автономних пристроїв та портативної електроніки вимагає створення малогабаритних, енергоефективних і водночас високоефективних антенних систем. Особливо важливими є антени для вбудованих застосувань, які інтегруються безпосередньо в структуру пристрою та мають забезпечувати стабільний зв'язок у складних електромагнітних умовах. Одним із перспективних напрямів є використання планарних антенних решіток на основі патч-антен, які відрізняються низьким профілем, простотою виготовлення, можливістю інтеграції з мікросхемами та добрими характеристиками спрямованості.

Актуальність даного дослідження зумовлена зростаючими вимогами до якості бездротового зв'язку при одночасному зменшенні габаритів електронних пристроїв. Крім того, планарні патч-антени є сумісними з сучасними технологіями друкованих плат, що робить їх привабливими для масового виробництва.

Метою дослідження є розробка та аналіз планарної антенної решітки з патч-антен, придатної для використання у вбудованих системах мікросистемної техніки, а також оцінка її основних електродинамічних характеристик.

Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

- проаналізувати теоретичні засади побудови планарних патч-антен і антенних решіток;
- розробити конструкцію планарної антенної решітки з урахуванням обмежень за габаритами;
- здійснити електромагнітне моделювання структури;
- визначити основні параметри антени (резонансна частота, коефіцієнт підсилення, діаграма спрямованості, узгодження);
- оцінити можливість застосування запропонованої конструкції у складі вбудованих мікросистем.

Результати дослідження

У рамках роботи була спроектована планарна антенна решітка на основі прямокутних патч-антен, розміщених на діелектричній підкладці. В якості підкладки було обрано матеріал із заданою діелектричною проникністю, що дозволяє зменшити фізичні розміри антени та налаштувати її на потрібну робочу частоту в діапазоні кількох гігагерц, характерному для бездротових вбудованих застосувань (Wi-Fi, Bluetooth, IoT).

Електромагнітне моделювання показало, що запропонована антенна решітка має чітко виражену основну пелюстку діаграми спрямованості з достатнім коефіцієнтом підсилення.

Було встановлено, що використання решіткової структури дозволяє підвищити спрямованість випромінювання порівняно з одиначною патч-антеною. При цьому рівень бічних пелюсток залишається в допустимих межах, що є важливим для зменшення завад і підвищення енергоефективності системи.

Коефіцієнт стоячої хвилі за напругою (КСХН) у робочому діапазоні не перевищує 2, що свідчить про достатньо добре узгодження антени з лінією живлення. Такі результати підтверджують можливість ефективного використання запропонованої антенної решітки у складі компактних електронних пристроїв.

Крім того, аналіз впливу міжелементної відстані на характеристики випромінювання показав, що оптимальний крок розміщення патч-антен дозволяє досягти компромісу між габаритами та спрямованістю антени. Це відкриває можливості для адаптації конструкції під конкретні вимоги пристроїв різного призначення

Висновки

У ході виконання дослідження було проаналізовано основні принципи побудови планарних патч-антен та антенних решіток для вбудованих застосувань мікросистемної техніки. Розроблено конструкцію планарної антенної решітки, проведено її моделювання та отримано ключові електродинамічні характеристики. Перспективи подальших досліджень полягають у виготовленні експериментального зразка антени, проведенні натурних випробувань та оптимізації конструкції для роботи в різних частотних діапазонах і середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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*, 3(1(65)), 2022, 20–26. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.261718>
2. Semenova O., Semenov A., Meulesteen S., Kryvinska N., Pastushenko H. Intelligent matching technique for flexible antennas. *Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 14(4), 2024, pp. 16–22. Published Dec 21, 2024. <https://doi.org/10.35784/iapgos.6500>
3. Semenov A., Semenova O., Meulesteen S. Flexible Antenna for Cellular IoT Device. 2022 *IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW)*, 2022, pp. 293–298. <https://doi.org/10.1109/ukrmw58013.2022.10037036>

Кочмала Владислав Богданович — студент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: fomkalokky@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

PLANAR ANTENNA ARRAY OF PATCH ANTENNAS FOR EMBEDDED APPLICATIONS IN MICROSYSTEM TECHNOLOGY

Abstract

The article presents the design and investigation of a planar antenna array based on patch antennas for embedded applications in microsystem technology. Electromagnetic modeling was performed and the main characteristics, including resonant frequency, radiation pattern, and gain, were determined. The obtained results confirm the efficiency of the proposed antenna array for use in compact wireless devices.

Keywords: planar antenna array; patch antenna; microsystem technology; embedded systems; radiation pattern; electromagnetic modeling.

Kochmala Vladyslav Bogdanovych — student at the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: fomkalokky@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