

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ШИРОКОСМУГОВИХ ГНУЧКИХ АНТЕН ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Сучасні тенденції у сфері бездротових комунікацій, зокрема розвиток мобільних мереж нового покоління та впровадження технологій Інтернет-речей (IoT), вимагають створення ефективних антенних рішень для носіїв пристроїв. Особливу увагу привертають широкосмугові гнучкі антени, які можуть функціонувати в складних умовах експлуатації та забезпечувати стабільний зв'язок у високодинамічних середовищах. У статті йдеться про підхід до проектування та оптимізації компактної антени для функцій LTE B20 та B3. Представлено результати моделювання, дослідження впливу тіла людини на роботу антени, а також методи використання для покращення її характеристик. Отримані експериментальні дані підтверджують ефективність розробленої конструкції та її перспективність для використання в сучасних інформаційно-комунікаційних системах.

Ключові слова: гнучка антена, носимий пристрій, LTE, Інтернет речей, мобільний зв'язок, широкосмуговий сигнал, електромагнітна сумісність, компактні антени.

Abstract

Modern trends in wireless communications, in particular the development of new generation mobile networks and the introduction of Internet of Things (IoT) technologies, require the creation of effective antenna solutions for device carriers. Particular attention is paid to broadband flexible antennas that can operate in difficult operating conditions and provide stable communication in highly dynamic environments. The article discusses an approach to designing and optimizing a compact antenna for LTE B20 and B3 functions. The results of modeling, research into the influence of the human body on the operation of the antenna, as well as methods of use to improve its characteristics are presented. The obtained experimental data confirm the effectiveness of the developed design and its prospects for use in modern information and communication systems.

Keywords: flexible antenna, wearable device, LTE, Internet of Things, mobile communication, broadband signal, electromagnetic compatibility, compact antennas.

ВСТУП

Останніми роками також інтенсивніше зростає обсяг інформаційного трафіку в мобільних мережах, що вимагає використання ефективних антенних рішень. [1] Особливо виготовлені антени для носіїв пристроїв, які працюють у високодинамічному середовищі. Виникає необхідність створення широкосмугових, гнучких і компактних конструкцій, які можуть інтегруватися в невеликі форм-фактори без втрати ефективності. [2]

Сучасні носимі пристрої, такі як розумні годинники, фітнес-трекери та медичні сенсори активно, використовують бездротові технології Wi-Fi, Bluetooth та LTE. Однак традиційні антени не завжди забезпечують стабільний зв'язок через обмеження, пов'язані з габаритами та матеріалами корпусу пристроїв. Це зумовлює необхідність пошуку нових конструктивних рішень, які дозволяють поліпшити електродинамічні характеристики антен без збільшення їх фізичних розмірів. [3]

Методом даного дослідження є розробка адаптивної широкосмугової гнучкої антени, оптимізованої для роботи в частотних областях LTE, яка може ефективно використовуватися в портативних бездротових пристроях. [4]

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розробка антени використовувалася з використанням сучасних методів комп'ютерного моделювання в програмному середовищі ANSYS HFSS. [5] Головний акцент зроблено на створенні компактної широкосмугової конструкції, здатної ефективно працювати в двох частотних зонах: LTE B20 (791–861 МГц) та LTE B3 (1710–1880 МГц).

Як основний матеріал для антени обрано полімерну основу з низькою діелектричною проникністю ($\epsilon_r = 2,03$) у поєднанні з тонким мідним провідниковим шаром (100 мкм). Така комбінація дозволяє досягти необхідного рівня гнучкості, зберігаючи високі показники випромінювання.

Конструкція антени оптимізувалася шляхом багатоетапного моделювання її характеристик та визначення оптимального розміщення в корпусі носимого пристрою. Досліджено вплив людського тіла на параметри випромінювання та проведено серію експериментальних вимірювань у різних умовах експлуатації.

РЕЗУЛЬТАТИ

Моделювання та оптимізація конструкції

Розроблена антена має розміри 39×12 мм і розміщується в середині ремінця носимого пристрою. Її геометрія спроектована таким чином, щоб мінімізувати вплив навколишнього середовища на електродинамічні параметри.

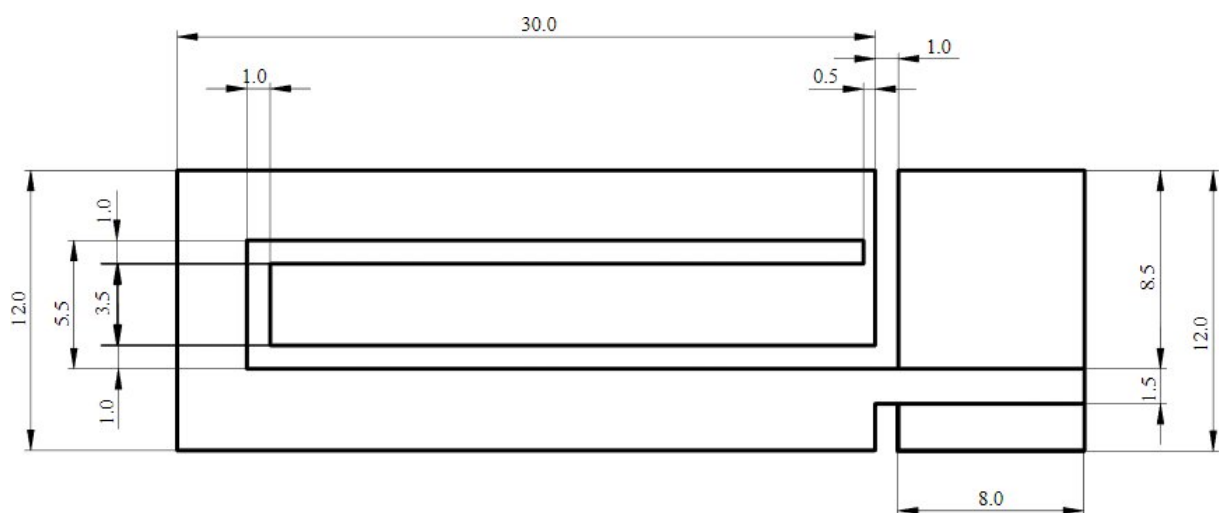


Рисунок 1 – Ескізне креслення розробленої гнучкої широкосмугової LTE антени зі зміщеною до краю мікросмушкою живлення

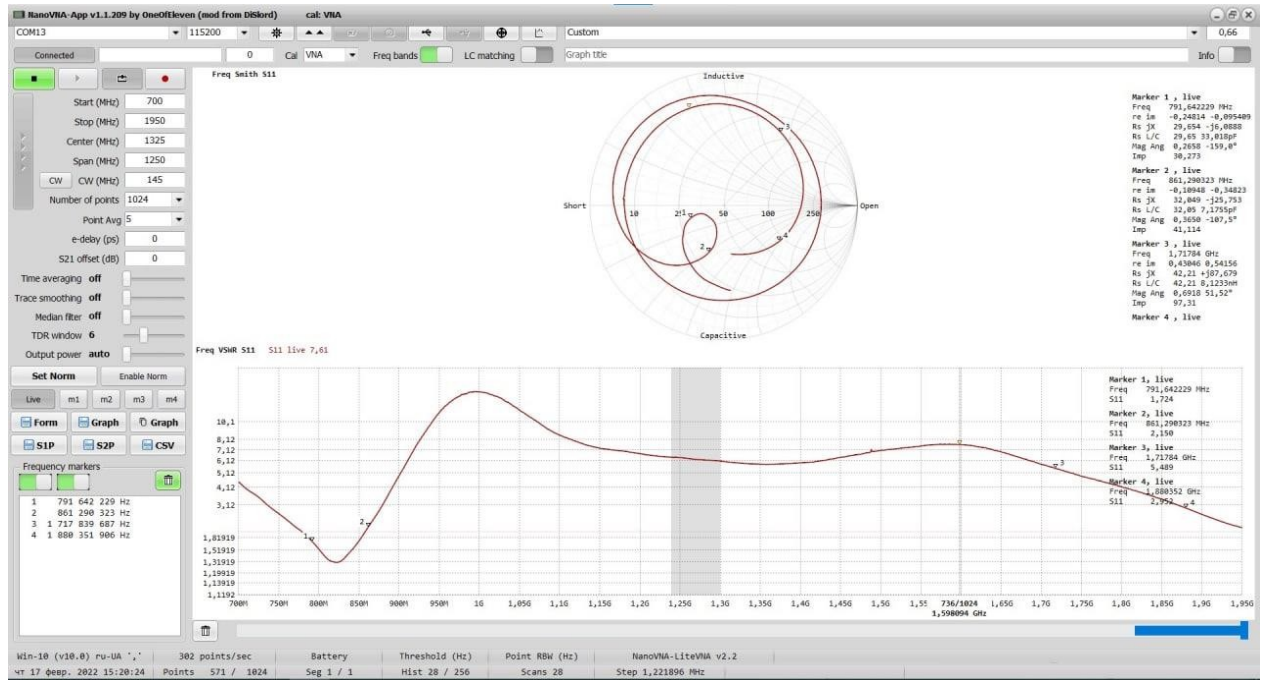
Результати моделювання показали, що коефіцієнт стійкої хвилі (VSWR) в розділі LTE B20 не перевищує 2, що є результатом високого рівня узгодження. У частотній частині LTE B3 значення VSWR є дещо вищим, що пояснюється впливом людського тіла та особливостями конструкції.

Експериментальні дослідження

Для оцінки практичної ефективності розробленої антени було проведено серію вимірювань у різних умовах. Досліджувалися такі сценарії використання:

1. Антена у вільному просторі.
2. Антена, розташована всередині ремінця на твердій поверхні.
3. Антена, закріплена на зап'ясті користувача.

(a)



(б)

Рисунок 2– Діаграма Сміта (а, вгорі) і графік частотної характеристики КСХ (б,внизу) коли гнучка ширококутова антена розміщена всередині гумового ремінця розміщена на зап'ясті людини

Отримані результати підтверджують ефективність антени у першому та другому випадку, тоді як у третьому сценарії спостерігалось зміна резонансної частоти. Це пояснюється впливом людського тіла на випромінювання та частотну характеристику антени.

Методи покращення характеристики

Для компенсації впливу людського тіла було використано метод узгодження за допомогою індуктивного компонента у тракці живлення. Запропонований підхід дозволив стабілізувати частотні характеристики антени та знизити коефіцієнт відбиття.

ВИСНОВКИ

Дослідження підтвердило ефективність запропонованої гнучкої ширококугової антени для носимих бездротових пристроїв. Встановлено, що зміна положення антени щодо тіла людини впливає на її робочі параметри, тому наступним завданням є подальше вдосконалення конструкції для підвищення її стійкості до зовнішніх факторів.

Подальші дослідження будуть зосереджені на розширенні смуг пропускання антени та покращенні її адаптивності до різних умов експлуатації. Вдосконалення узгоджувальних схем дозволяє мінімізувати вплив людського тіла, що зробить такі антени ефективнішими для використання в мобільних медичних пристроях, смарт-одязі та спортивних гаджетах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. С. Шарма, А. Сінгх і П. Гупта. "Гнучкі антени для носимих пристроїв: огляд". *Журнал IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 2021. DOI: 10.1109/MAP.2021.3072449.
2. Л. Хуан, М. Лі та Х. Ян. «Ширококутові антени для програм IoT». *Датчики*, 2022. DOI: 10.3390/s22041234.
3. J. Zhang, H. Wu та Y. Liu. «Носимі антени для медичної телеметрії». *Транзакції IEEE щодо антен і розповсюдження*, 2020. DOI: 10.1109/TAP.2020.2961779.
4. М. Кім, С. Лі та Дж. Чой. «Компактна дводіапазонна гнучка антена для моніторингу охорони здоров'я». *IEEE Sensors Journal*, 2021. DOI: 10.1109/JSEN.2021.3056782.

Пінаєв Богдан Олегович – старший викладач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Pinaev.bogdam@gmail.com

Притула Максим Олександрович – к.т.н., старший викладач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: pritulamo@ukr.net

Дудат'єв Ігор Андрійович - канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, email : dudatiev.igor@gmail.com

Осадчук Ярослав Олександрович – к.т.н., доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osadchuk.j93@gmail.com

Pinaev Bohdan Olegovich – Ph. D., at the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Pinaev.bogdam@gmail.com

Prytula Maksym Oleksandrovych - Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pritulamo@ukr.net

Dudatiev Ihor Andriyovich— PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, email: dudatiev.igor@gmail.com.

Osadchuk Iaroslav Oleksandrovych - Ph.D., Associate Professor of the Department information radioelectronic technologies and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osadchuk.j93@gmail.com