

*Рашко О.С., магістрант,
Ципоренко В.В., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»*

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПІДКЛАДКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРОСМУЖКОВОЇ АНТЕНИ

Мікрополоскові антени широко використовуються у сучасних бездротових системах зв'язку завдяки їхній компактності, низькому профілю та простоті інтеграції з друкованими платами. Одним із ключових чинників, що визначає їх ефективність, є властивості діелектричної підкладки. Параметри матеріалу підкладки – діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат та товщина – визначають резонансну частоту, ширину смуги пропускання, коефіцієнт підсилення та ефективність випромінювання антени.

Метою роботи є дослідження залежності основних характеристик мікрополоскової антени від параметрів діелектричної підкладки та формування рекомендацій для вибору матеріалу відповідно до вимог бездротових систем.

У роботі проведено аналітичний розрахунок прямокутної мікрополоскової антени для частоти 2,4 ГГц, розроблено чисельну модель у MATLAB та досліджено вплив підкладок FR4, Rogers RT/duroid та керамічних матеріалів. Аналітичні методи базуються на моделі лінії передачі та моделі резонаторної порожнини, що дозволило визначити геометричні параметри та вхідний опір антени. Чисельні методи (MoM, FEM, FDTD, FIT) використані для порівняльного аналізу точності моделювання та характеристик електромагнітних полів.

Досліджено частотні залежності активної та реактивної складових вхідного опору. На резонансній частоті 2,42 ГГц активна частина опору становила 52,3 Ом, що забезпечує узгодження з лінією живлення. Поза резонансом опір зменшується, що пов'язано зі зниженням ефективності випромінювання. Реактивна складова змінюється від ємнісної до індуктивної, перетинаючи нуль у точці резонансу, що характеризує добротність антени.

Проведено аналіз залежності резонансної частоти та КСВ від діелектричної проникності підкладки. Зі збільшенням ϵ_r резонансна частота зміщується вниз, а ширина смуги пропускання зменшується. Підкладка FR4 ($\epsilon_r = 4.4$, $\tan\delta = 0.009$) демонструє більші втрати та нижчу ефективність порівняно з Rogers RT/duroid, проте залишається популярною завдяки низькій вартості.

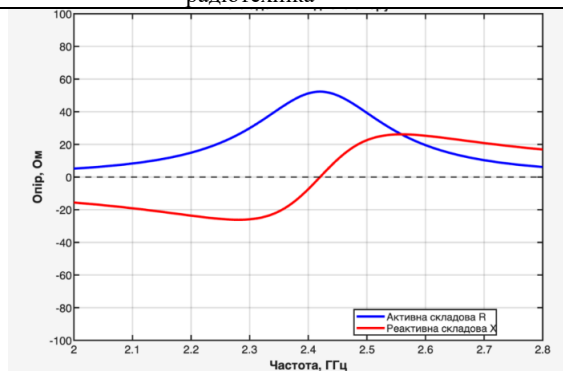


Рисунок 1 – Частотні залежності активної та реактивної складових вхідного опору

Окрему увагу приділено впливу товщини підкладки. Збільшення товщини покращує коефіцієнт підсилення, проте спричиняє зростання поверхневих хвиль, що негативно впливає на діаграму спрямованості.

Розглянуто застосування сучасних структур: фотонічних кристалів, метаматеріалів та штучних магнітних провідників (AMC), які дозволяють зменшити втрати, підвищити спрямованість та розширити смугу пропускання.

Узагальнюючи проведені дослідження, встановлено, що вибір підкладки є критичним етапом проєктування мікрополоскової антени. Для високоефективних систем доцільно використовувати матеріали з низькими втратами (Rogers), тоді як FR4 підходить для бюджетних рішень. Отримані результати можуть бути застосовані у системах Wi-Fi, IoT, 5G Sub-6 ГГц та іншій бездротовій техніці.

Список використаних джерел:

1. Chen M., Ouyang J., Jian A., Liu J., Li P., Hao Y., Gong Y., Hu J., Zhou J., Wang R., Wang J., Hu L., Wang Y., Ouyang J., Zhang J., Hou C., Wei L., Zhou H., Zhang D., Tao G. Imperceptible, designable, and scalable braided electronic cord. *Nature Communications*. 2022. Vol. 13, No. 1. Article 7097. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34918-x>
2. Gezahegn Y. A., Tang J., Sablani S. S., Pedrow P. D., Hong Y.-K., Lin H., Tang Z. Dielectric properties of water relevant to microwave assisted thermal pasteurization and sterilization of packaged foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2021. Vol. 74. Article 102837. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102837>