

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АНТЕНИ PIFA ДЛЯ
ЗЧИТУВАЧА RFID СИСТЕМ. Частина 1: математичні моделі та
базова конструкція антени**

Чемісов А.Ф., Ніколов Т.П.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Гавва Д.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КРiСТЗІ
м. Харків, Україна

e-mail: dmytro.gavva@nure.ua

The purpose of the work is to design and study a compact microstrip PIFA antenna for an RFID system reader.

Відомо, що конструкція PIFA на поточний момент вже досить добре вивчена. Разом з тим, публікації, присвячені антенам зазначеного типу, продовжують з'являтися в сучасній технічній літературі досить регулярно і становлять значну частину розділів, присвячених антенним конструкціям. Цей факт пояснюється активним використанням PIFA антен в сучасних пристроях бездротового зв'язку та навігації. Поточні тенденції до зменшення габаритів і маси мобільних пристроїв та розширення їх функціональності (що часто веде до необхідності роботи в додаткових частотних діапазонах) ведуть до постійної оптимізації характеристик використовуваних в них антенних конструкцій і ускладнення їх структури. При цьому в ході розробки нових конструкцій наголос переважно робиться на узгодженні вхідного опору антени з опором лінії живлення в заданих діапазонах частот. Характеристикам спрямованості антени, як правило, відводиться другорядне значення, і вони або приймаються такими, як вийшли, або проводиться аналіз залежності ДС від взаємного розташування антени і металевих деталей корпусу, що грають роль екрану. Наприклад, для антен апаратів мобільного зв'язку дана оптимізація проводиться з метою забезпечити користувача від впливу полів випромінювання антени при використанні пристрою. Подібний підхід, зокрема, пояснюється перевагою квазівсенаправленої діаграми спрямованості (ДС) антени мобільного пристрою, оскільки в більшості випадків немає можливості точного визначення місця розташування джерела / приймача сигналів і, тому, виділення оптимального напрямку випромінювання антени. Можливо тому відомо мало робіт, в яких би упор робився на дослідженні характеристик спрямованості PIFA антен.

Тому цілі проведеної роботи полягали у наступному: аналіз точності аналітичних моделей для розрахунку основних характеристик антени; оцінка можливості використання конструкції PIFA для настільних терміналів RFID систем УВЧ діапазону; визначення оптимальних розмірів елементів антени з урахуванням вимог, що пред'являються областю застосування конструкції антени.

Оскільки основою конструкції PIFA є мікросмужкова антена, то розглянуто наявні та вже перевірені аналітичні моделі для розрахунку антен даного типу: модель лінії передачі (антена розглядається у вигляді двох випромінюючих щілин) та резонаторна модель (конструкцію антени можна трактувати як резонатор, обмежений зверху і знизу провідниками (випромінювач та екран) і «магнітними стінками» по периметру антени (бічні відкриті сторони)). Як приклад, на рис. 1, а показано мікросмужкову антену та її еквівалентну модель у вигляді лінії передачі.

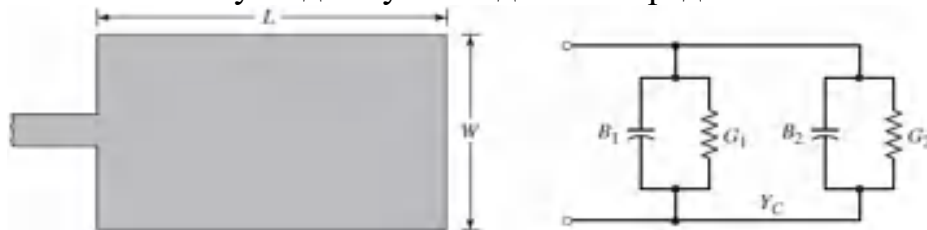


Рис. 1

Параметри, отримані з використанням різних моделей, добро узгоджуються з експериментальними результатами з інших джерел. Це можна побачити на діаграмах спрямованості (рис. 2). Виняток становлять області біля кутів $\varphi=90^\circ$ та $\varphi=270^\circ$ в площині XY та зона, що розташована нижче екрана антени. Ці розбіжності пояснюються приближеннями, використовуваними в даній моделі.

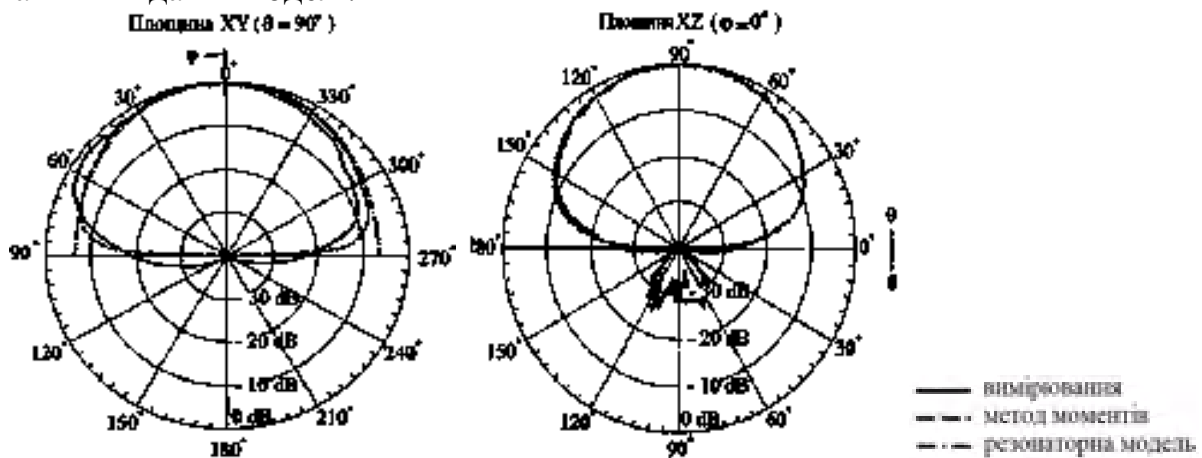


Рис. 2

Електричні характеристики PIFA залежать від розмірів випромінювача, співвідношення довжин його сторін, висоти випромінювача над екраном, розмірів та положення вертикальної заземлюючої стінки, точки підключення лінії живлення. Слід зазначити, що ширина вертикальної пластини впливає не тільки на резонансну частоту, але і на поляризацію випромінювання. Від розмірів короткозамикаючої стінки так само залежить ширина смуги пропускання PIFA.

З урахуванням наведеного вище, для конструкції PIFA (рис. 3) було обрано такі ключові параметри і початкові розміри:

- ширина замикаючої стінки $D=W=81$ мм дорівнює ширині випромінювача. Це дозволяє забезпечити максимальну ширину робочого

діапазону і виключити кроссполізаційне випромінювання.

- товщина діелектрика, тобто повітряний прошарок у $h=5$ мм була визначена з урахуванням максимально допустимої товщини антени,
- початкова довжина L випромінювача була розрахована за допомогою виразу математичної моделі.
- ширина випромінювача була прийнята рівною його довжині $L=W=81$ мм.
- точку живлення знайшли за допомогою моделі антени та з точки зору оптимального узгодження антени з лінією живлення. Оптимальна відстань між замикаючою стінкою і точкою живлення дорівнює приблизно 17 мм. Це можна побачити з рис. 4, де зображено залежність модуля коефіцієнта відбиття на вході антени від розташування точки живлення.

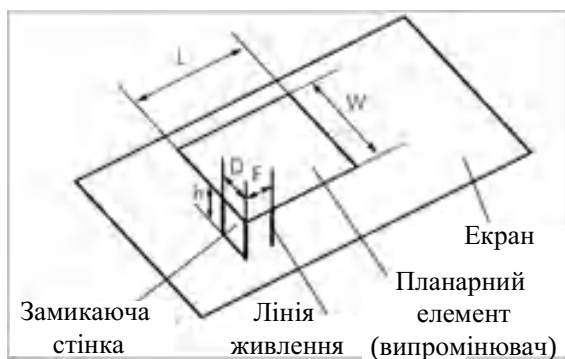


Рис. 3

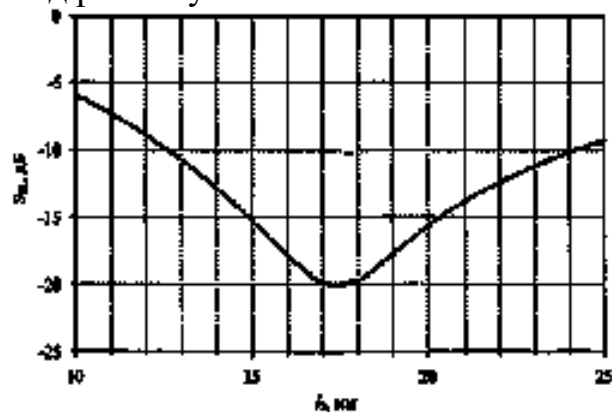


Рис. 4

Для розрахунку діаграми спрямованості антени за допомогою математичної моделі, її представлено у вигляді двох окремих випромінювачів: щілинної антени та вертикального вібратора. На рис. 5 показана діаграма спрямованості PIFA за результатами аналітичних розрахунків: а) в площині XY (E – площина); б) в площині XZ (H – площина).

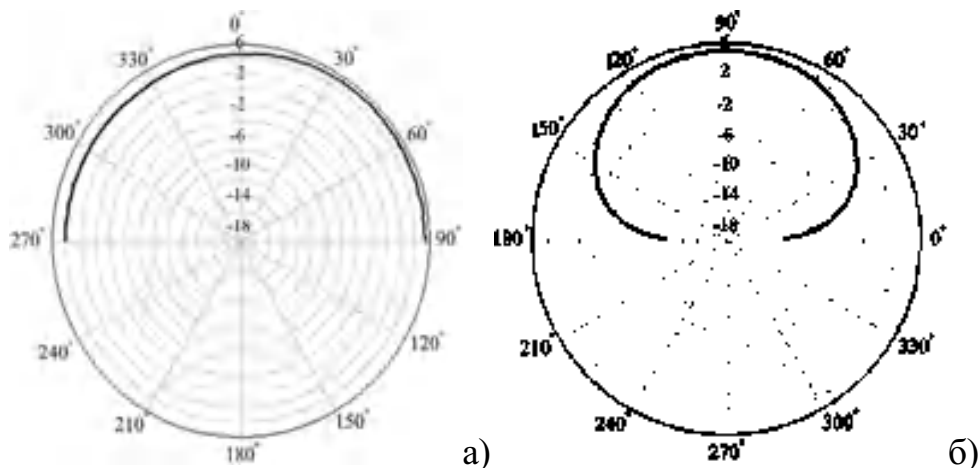


Рис. 5

Для порівняння з характеристиками, отриманими в результаті аналітичних розрахунків, на першому етапі була промодельована конструкція з екраном нескінченних розмірів $L_{ek} = W_{ek} = \infty$ (рис. 6). У

процесі розрахунку була проведена оптимізація характеристик антени по вхідному опору по відношенню до опору 50-Ом лінії живлення. Варійованою величиною при цьому була довжина та, відповідно, ширина випромінювача L та W (рис. 7, а). На рис. 7, б показано діаграму спрямованості PIFA з екраном нескінченних розмірів для $L=W=79,5$ мм, $l_2=17$ мм.

Зіставляючи результати розрахунків на основі аналітичної моделі та чисельного моделювання, можна зробити наступні висновки:

- обидва методи показують близькі результати при визначенні резонансних розмірів структури і точки підключення лінії живлення, що відповідає мінімальним втратам на вході антени;
- діаграми спрямованості антени в базових площинах так само мають близьку подібність, проте істотно (приблизно на 2 дБ) відрізняються за коефіцієнтом підсилення. Менший коефіцієнт підсилення, отриманий в результаті моделювання, може пояснюватися тим, що при моделюванні проводився облік втрат в провідниках антени, тоді як при аналітичній оцінці втрати в провідниках до уваги не бралися.

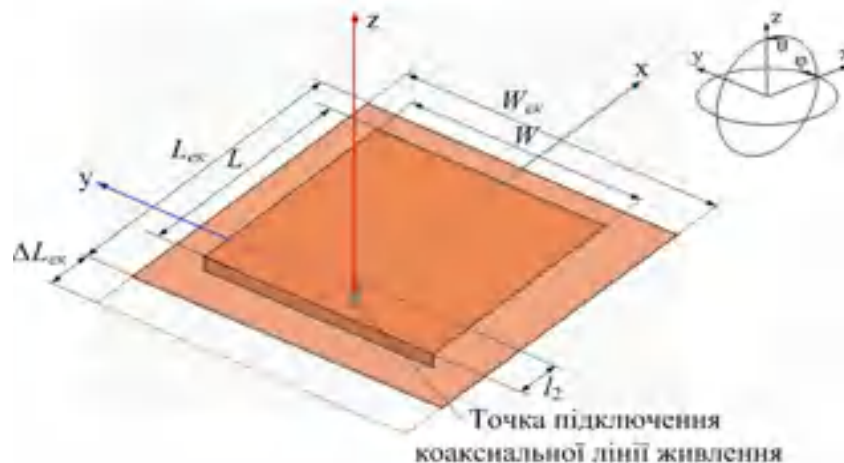
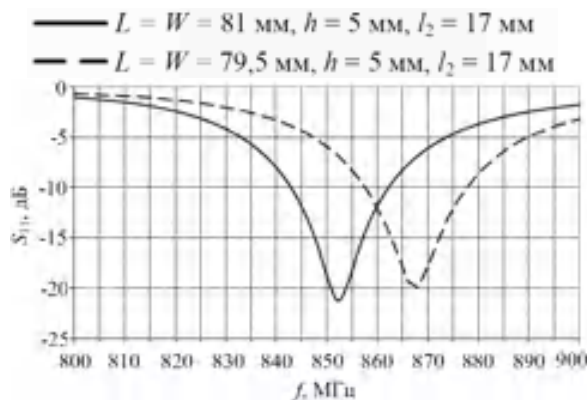
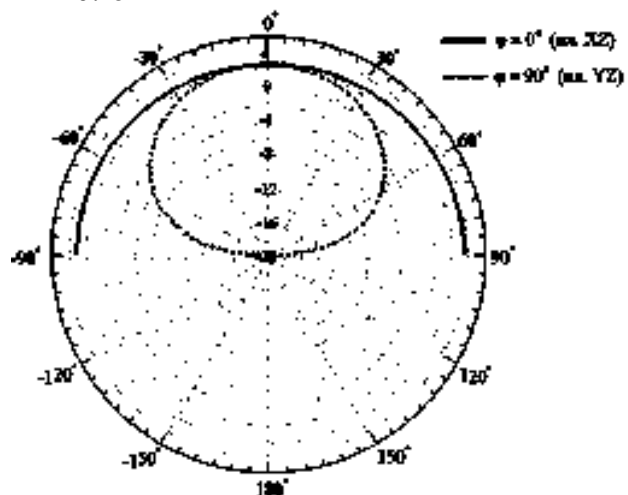


Рис. 6



а) б)
Рис. 7



У наступній, другій частині роботи проведено дослідження впливу розмірів екрану на діаграму спрямованості антени, та модифікацію конструкції антени для поліпшення її характеристик.