

УДК 621.396.67

КВАДРОФІЛЯРНА АНТЕНА ДЛЯ ЗАСОБІВ РЕБ

Павло КОЛЕСНИКОВ

Науковий керівник – к.т.н., доц. Дмитро ГАВВА

email: dmytro.gavva@nure.ua

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

The work aims to describe and design one of the possible types of quadrafililar antennae. The antenna has a wide range of operating frequencies and a "dome" directional pattern, which allows it to be used in modern tactical-level electronic warfare.

Сьогодення показує, що ефективність ведення бойових дій все більше залежить від застосування нових технологій та спеціалізованих військових засобів. До останніх можна віднести й засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ), які допомагають унеможливити втрату особового складу та військового майна при атаках безпілотними літальними апаратами.

Серед багатьох різних антен, що застосовуються і можуть бути застосовані в РЕБ тактичного рівня можна відзначити так звані квадрофілярні спіральні антени (КСА). Вони представляють багатоелементну антенну систему, що складається з кількох випромінювачів. Ці випромінювачі можуть бути з'єднані зі схемою живлення, яка формує на входах (портах) елементарних випромінювачів збуджуючі напруги з необхідними амплітудами та фазами.

Необхідно відзначити, що квадрофілярних антен існує чимало різновидів: бігучої хвилі або резонансні, двочастотні або одночастотні, з живленням зверху або знизу, з однієї точки або з декількох, вузькоспрямовані або всеспрямовані.

Один з прикладів такої класичної антени з мікросмушковою схемою живлення наведено на рис. 1. На рисунку показано конструкцію КСА, що складається з чотирьох вібраторів спіральної форми, які живляться зі сторони чотирьох портів. В ідеальному випадку схема живлення створює в кожному порту струми однакової амплітуди та зсувом їх фази на 90 градусів, $U_{П1}=1$, $U_{П2}=\exp^{j(\pi/2)}$, $U_{П3}=\exp^{j(\pi)}$, $U_{П4}=\exp^{j(3\pi/2)}$, що дає змогу отримати колову поляризацію випромінюючої електромагнітної хвилі.

Антенна має досить добру для тактичного РЕБ діаграму спрямованості (ДС) у вигляді «куполу» (рис. 2). Найближчим родичем такої антени є антена-конюшинна (рис. 3). Обидві антени мають плечі, розміри яких дорівнюють цілим довжинам хвилі та працюють у резонансному режимі. А аналіз подібних антен показує, що коефіцієнт підсилення квадрофілярної антени складає 2,5 – 5 дБи. І це більше ніж у конюшини.

В даний час для проектування антен та інших НВЧ пристроїв широкого поширення набули системи комп'ютерного електродинамічного моде-

лювання, такі як HFSS, Microwave Office, Microwave Studio, FEKO та ін. Застосування чисельних методів вирішення задач електродинаміки, що є основою зазначених систем, істотно розширило коло розв'язуваних задач. З'явилася можливість аналізувати з їх допомогою дуже складні електродинамічні пристрої, наприклад, антенні системи зі схемою живлення.

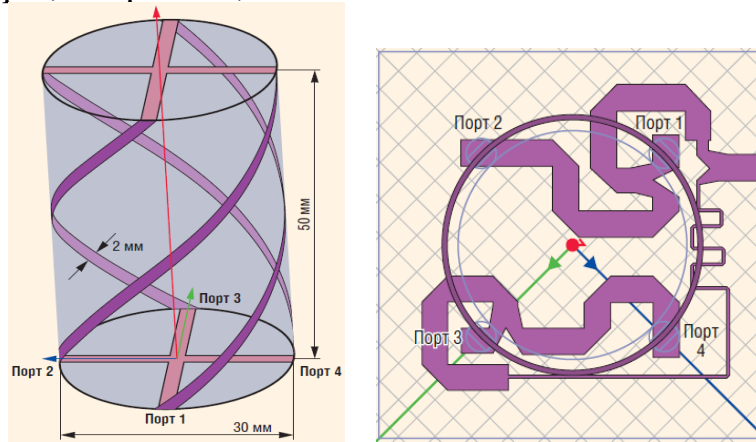


Рис. 1

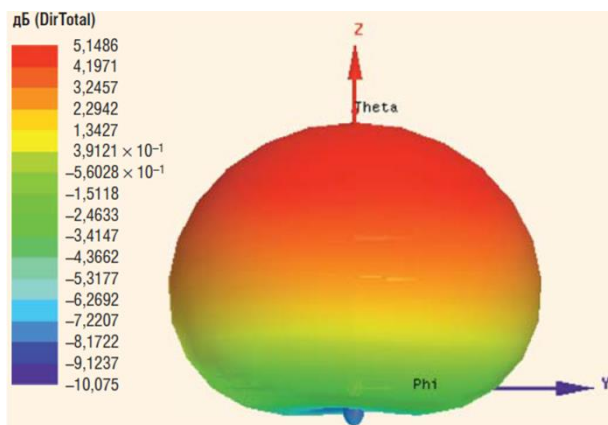


Рис. 2



Рис. 3

Але КСА це така антена, електродинамічний аналіз якої, як єдиного цілого, потребує великих витрат комп'ютерних ресурсів. Труднощі, які властиві програмам електродинамічного моделювання викривлених об'єктів полягають в тому, що при розбитті простору аналізу на тетраедри можливе перетинання ребер викривлених дотичних об'єктів, що може призвести до значного збільшення часу обчислень. Тому пряме вирішення задачі аналізу за допомогою таких програм, як HFSS, може вимагати тривалих обчислень (кілька діб).

Оскільки для оптимізації конструкції антенної системи потрібно зробити велику кількість кроків, на кожному з яких вирішуються задачі аналізу, такий шлях часто не влаштовує розробника. Тому першим розумним прийомом є декомпозиція пристрою на окремі частини (наприклад, схему живлення та випромінюючу електродинамічну структуру) та аналіз кожної їх відповідними програмними засобами.

Друге що можна врахувати, це те, що КСА має симетрію повороту. Крім того, цей пристрій взаємний, оскільки він не містить невідмінних середовищ, таких як ферити. Саме симетрія та взаємність антени дозволяють зменшити кількість елементів матриці розсіювання та спростити проектування.

Для спрощення проектування загальної конструкції КСА також можна врахувати те, що коефіцієнти відбиття по входах КСА не дорівнюють діагональним елементам матриці розсіювання, але вони однакові, що дозволяє узгоджувати будь-який із чотирьох входів КСА. Інші входи будуть узгоджені автоматично.

Нарешті суттєво спростити конфігурацію квадрофілярної антени та її проектування можна перейшовши від спіральної структури до рамочної. Конструкція буде значно простіша оскільки вона складається з двох ортогональних прямокутних петель з периметром біля однієї довжини хвилі. Конструкцію з подвійним живленням можна побачити на рис. 4. Це дає змогу не тільки значно пришвидшити проектування антени, а і її виготовлення, технологічність, надійність.

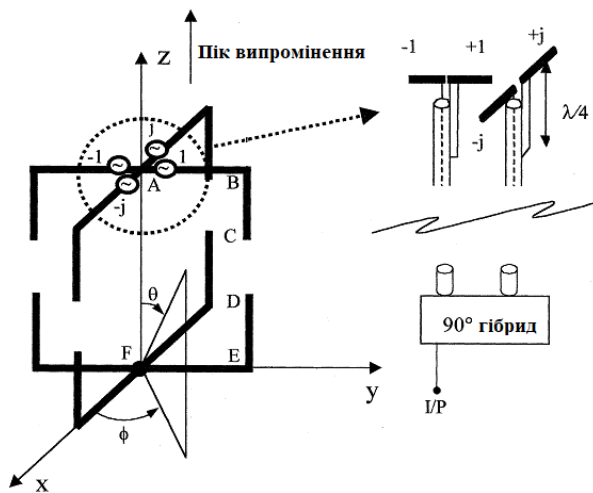


Рис. 4

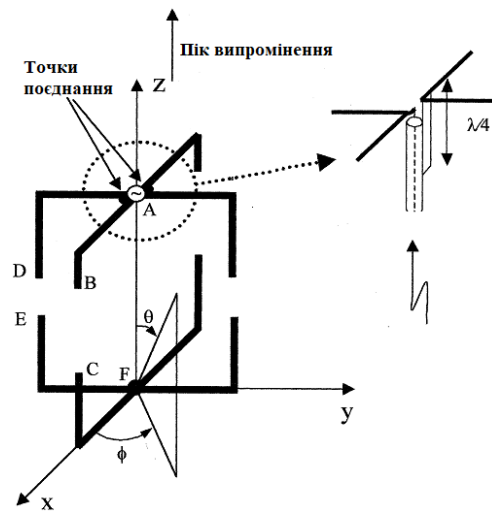


Рис.5

Для забезпечення кругової поляризації в антені вхідні сигнали однакової амплітуди подаються у точках збудження провідних рамок у фазовій квадратурі (застосовано 90° гібридна відгалужувальна схема). Точки збудження розташовані в центрі верхніх горизонтальних плечей. Також на кожному з чотирьох вертикальних проводів введений однаковий повітряний ємнісний зазор для полегшення фазування, тобто керування фазою струму в «активних» ділянках антени. Шляхом відповідного вибору ширини зазору можна створити антену зворотного випромінювання, що здатна генерувати кардіоїдну ДС з великим співвідношенням між випромінюванням вперед і випромінювання назад (front-to-back), а також низькою крос-поляризацією. В залежності від робочої частоти така антена може дати коефіцієнт підсилення 3 – 6 дБ.

Аналогічні характеристики випромінювання можна досягти і при застосуванні однострумкового живлення, де самофазування досягається за рахунок використання різної ширини зазору в кожній з двох ортогональних петель. Тобто необхідна різниця фаз 90° між сусідніми проводами виходить за рахунок ширшого зазору, роблячи його ємнісним навантаженням, та зазору малої ширини, відповідно роблячи його «індуктивністю». Цей метод аналогічний методу створення кругової поляризації в антені з перехресним диполем і одним джерелом живлення (рис. 6) [1].

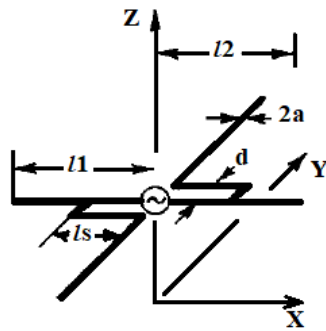


Рис. 6

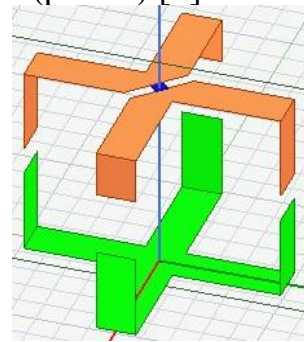


Рис. 7

Отже в практичній частині дослідження за допомогою програми HFSS було проведено низку розрахункових досліджень рамкових квадроділярних антен з однострумковим живленням (рис. 7). На основі отриманих при моделювання геометричних даних були зібрані прототипи антен (рис. 8) та виміряні їх характеристики (зокрема КСХ (рис. 9) та ДС). Отримані результати показують можливість використання результатів моделювання та протипування досліджених антен при побудові сучасних РЕБ тактичного рівня.

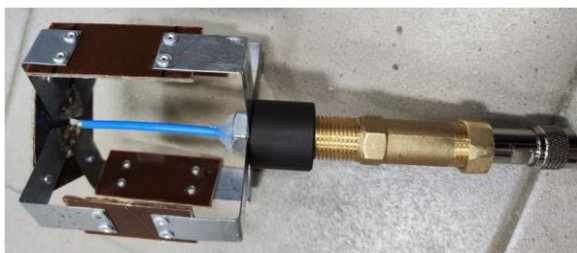


Рис. 8



Рис. 9

Список використаних джерел:

1. K. Maamria and T. Nakamura, "Simple antenna for circular polarization," Proc. Inst. Elect. Eng. Microwave Antennas Propagat., vol. 139, no. 2, pp. 157–158, 1992.