

## МІФА АНТЕНА ДЛЯ УВЧ МОДЕМА.

### Частина 2: проєктування

Христос Басданіс

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

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

тел. (057) 702-14-30, email: dmytro.gavva@nure.ua

The work consists of two parts. The purpose of the first part is to consider the design features, characteristics and modelling methods of the meander PIFA antenna. The purpose of the second part is to design, using the CAD package, the considered MIFA for a radio modem operating at the unlicensed frequency of 869 MHz.

В першій частині роботи розглянуто особливості характеристик та конструкції, а також підходи до проєктування меандрових інвертованих F-антен (MIFA), які активно використовуються при реалізації різноманітного телекомунікаційного радіообладнання. Задачею другої частини роботи була розробка MIFA для УВЧ модема, що працює на неліцензованій частоті 869 МГц.

Проєктування антени виконувалося в програмі HFSS. Початкова геометрична конфігурація електродинамічної структури антени була взята такою, як показано на рис. 1, де можна виділити такі структурні частини, як:

- площа заземлення антени (великий сірий прямокутник);
- вхідний канал антени (канал збудження), до якого під'єднується високочастотний тракт радіомодема. Праворуч від елемента структури стоїть позначка його ширини  $W$ ;
- заземлюючий канал антени (ліворуч від вхідного каналу);
- меандрова частина електродинамічної структури.

На рис. 1 також подано літерні позначення геометричних розмірів, які необхідно було задати в програмі для побудови повноцінної моделі:

- $HP$  та  $LP$  – відповідно вертикальний та горизонтальний розміри заземлюючої площини;
- $H$  – висота антени, а також довжина вхідного та заземлюючого каналів;
- $H2$  – відстань між меандром та площиною заземлення;
- $YG$  – відстань між каналами заземлення та збудження антени;
- $W$  – товщина друкованих провідників електродинамічної структури;
- $L1, L2, \dots, L7$  – довжини горизонтальних ліній меандра;
- $HM$  – висота меандрової частини антени;
- $L_{End}$  – довжина кінцевої лінії меандра.

Отже суть проєктування MIFA полягав у підборі такої геометрії антени, щоб вона була узгоджена на визначену частоту (в нашому випадку

869 МГц) та мала коефіцієнт підсилення, відповідний до поставленої задачі (щоб антена випромінювала більше в горизонтальній площині, паралельній площині плати, і менше у вертикальній).

При проектуванні розміри заземлюючої площини зазвичай задають одноразово та не змінюють на стадії оптимізації, бо антена розробляється під конкретну плату радіопристрою. Тому оптимізація геометрії під потрібні характеристики антени в процесі її проектування виконувалася лише за рахунок зміни довжини друкованих провідників електродинамічної структури.

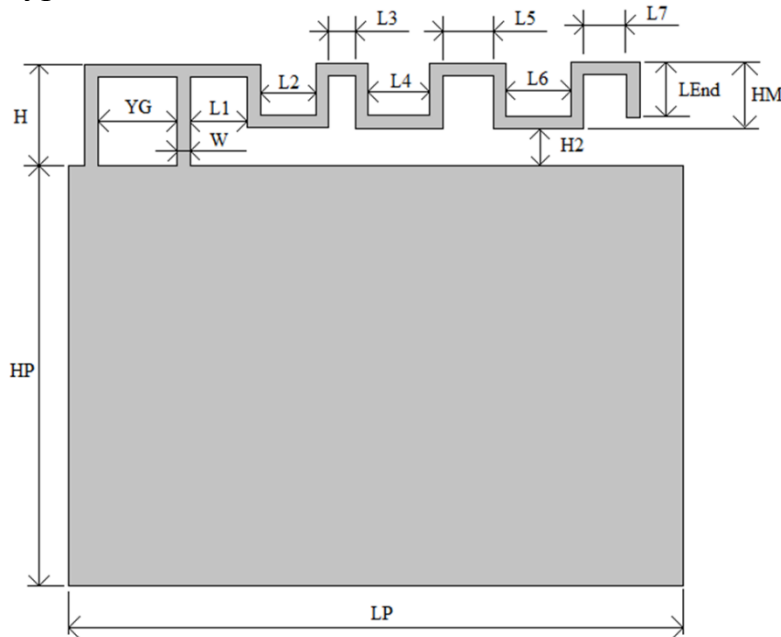


Рис. 1

В моделі HFSS використовувався *Modal* тип рішення. Вихідні дані  $HP = 75$  мм,  $L1 - L7$  та  $LEnd = 3$  мм,  $YG = 5$  мм,  $W = 1$  мм,  $LP = 65$  мм,  $H = 15$  мм,  $H2 = 2$  мм. Матеріал підкладки – *FR4* (діелектрична проникність становить 4,5), товщина 1,5 мм. Провідні об'єкти в проєкті бралися плоскими (без товщини) – це суттєво не впливає на результат моделювання,

однак значно пришвидшує час обчислення.

Також для пришвидшення розрахунків матеріал мікросмужок обрано ідеально провідним.

Відзначимо, що на одному ядрі процесора (без ліцензії на HPC – High Performance Computing, тобто високопродуктивні обчислення) оптимізація може тривати години або навіть дні. Якщо у вас потужний багатоядерний процесор, великий об'єм оперативної пам'яті і маєте розширену HPC ліцензію, то можна налаштувати HFSS на багатоядерну одночасну обробку даних як в оптимізації/параметризації, так і в загальному розрахунку.

Результати комп'ютерного моделювання MIFA в пакеті програм пакет ANSYS HFSS наведені нижче. На рис. 2 можна побачити результати першої оптимізації геометричних розмірів антени при тому, що оптимізація була достроково перервана і тривала 160 ітерацій (це дуже мало).

| Evaluation | L1          | L2          | L3          | L4         | L5          | L6          | L7          | LEnd        | YG          | Cost   |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| 144        | 2.4686493mm | 2.2461564mm | 2.0527904mm | 2.980773mm | 2.6324374mm | 2.0772806mm | 2.8186008mm | 2.6016576mm | 4.2475535mm | 315.43 |

Рис. 2

На рис. 3 показано частотну залежність коефіцієнта відбиття  $S(1,1)$ . Як бачимо, на центральній робочій частоті 868 МГц він становить -4,79 дБ, що є, у зв'язку з відносно малим часом оптимізації, досить малим значенням. Хороший результат починається від -10 дБ. Більше того, на правій стороні характеристики, спостерігається другий мінімум, який необхідно зменшити при подальшій оптимізації.

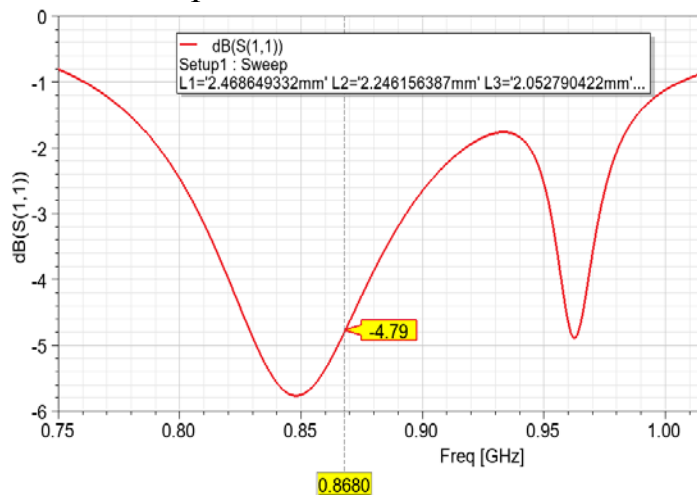


Рис. 3

На рис. 4 та рис. 5 показано діаграму спрямованості (ДС) та графік частотної залежності вхідного активного ( $\text{re}Z(1,1)$ ) і реактивного ( $\text{im}Z(1,1)$ ) опору антени. Активний опір антени становить 13,48 Ом, а реактивний – -2,49 Ом. Що потребує відповідного узгодження.

Під час дослідження було виявлено: чим більший

геометричний розмір  $H$ , тим більший коефіцієнт підсилення антени в горизонтальній площині, перпендикулярній до площини підкладки антени, і тим більше активний опір антени. З урахуванням цього потрібно обирати параметра  $H$ . Підхід тут наступний. Якщо потрібно максимально випромінювати в горизонтальній площині – бажано робити  $H$  більшим і навпаки. Але слід бути обережним, оскільки занадто мале значення  $H$  наближає антену до заземленого полігону, що призводить до зниження ефективності антени та її активного опору, який зазвичай повинен становити 50 Ом для узгодження з електронними схемами.

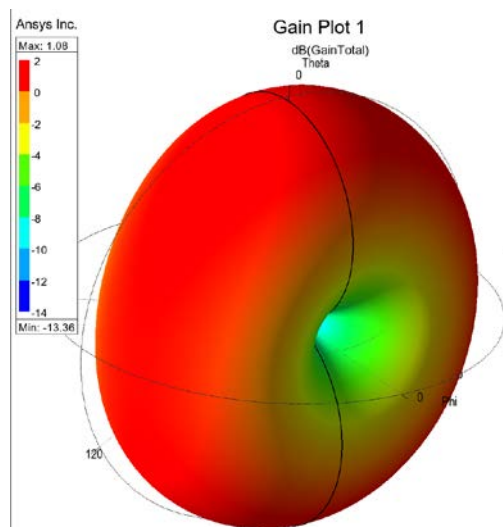


Рис. 4

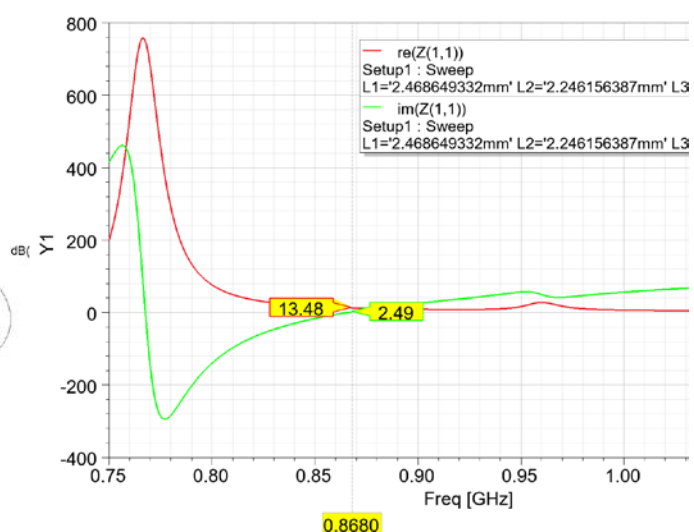


Рис. 5

Налаштування резонансної частоти антени здебільшого здійснюється шляхом зміни геометрії меандра, а налаштування імпедансу антени – зазвичай зміною параметра  $Y_G$  (відстань між каналами). На рис. 6 показано результати параметричного аналізу структури антени за цим параметром.

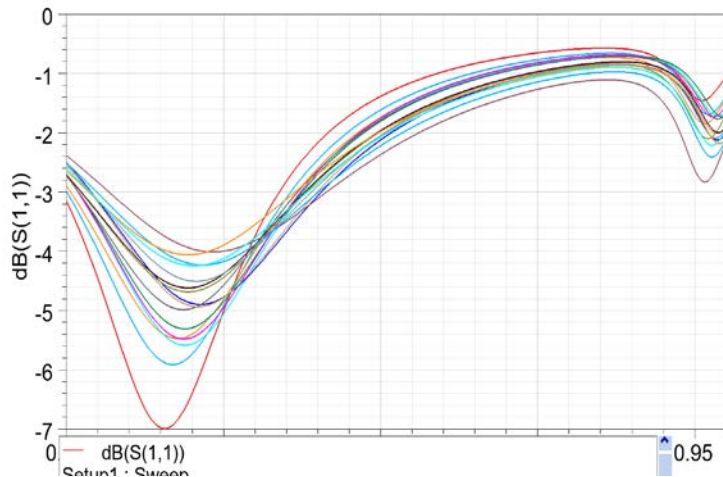


Рис. 6

З графіка видно, що існує червона крива, при якій  $S(1,1)$  досягає -7 дБ, що краще ніж було при першій короткій оптимізації. Тому в подальшій оптимізації, для досягнення поліпшення параметрів антени, потрібно змінити початкове значення  $Y_G$  на нове. Результати остаточної оптимізації в межах вже отриманих значень

геометричних параметрів показано на рис. 7. Як бачимо антена чудово налаштована на робочій частоті під навантаження в 50 Ом.

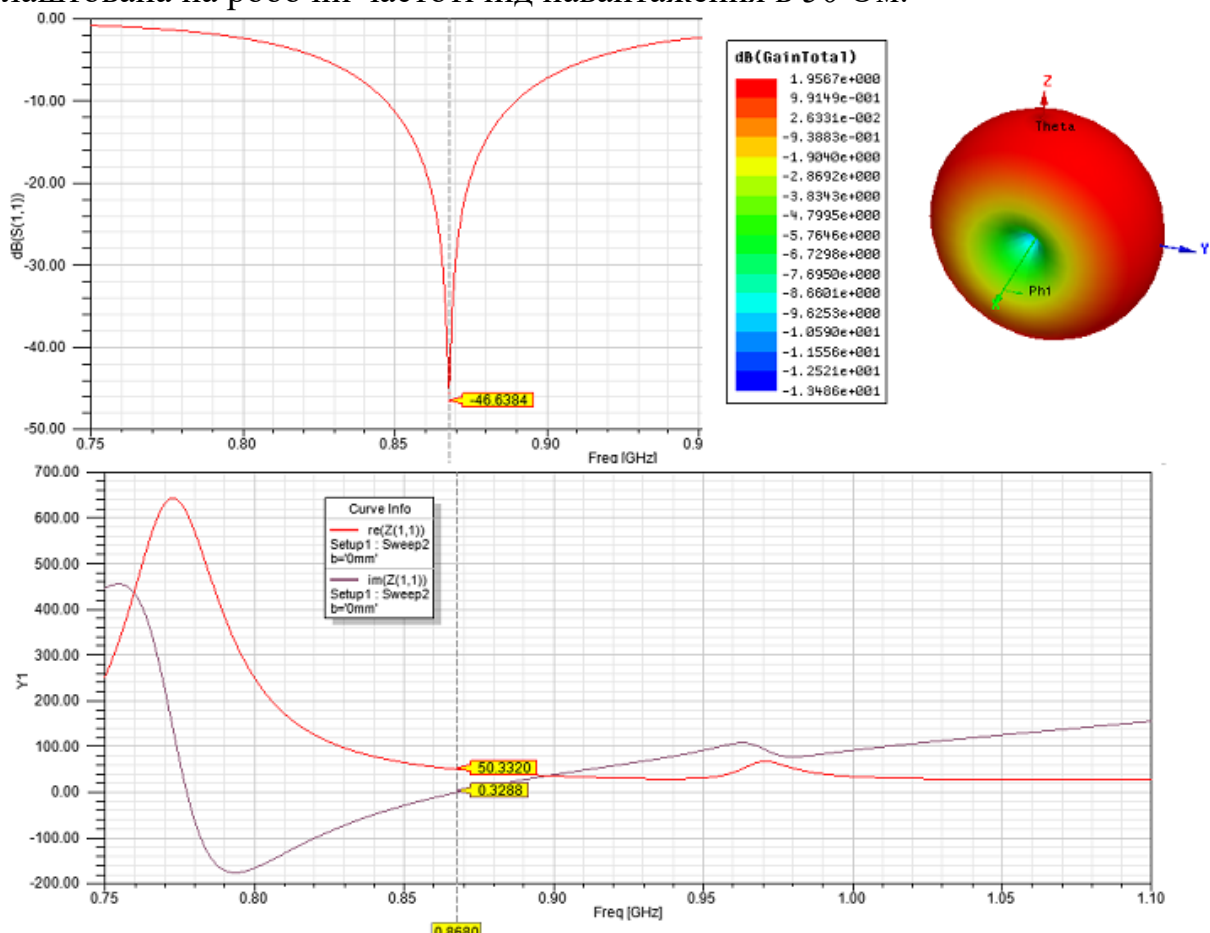


Рис. 7