

С.В. Мовчан, Ю.В. Сінкевич

## АНАЛІЗ ПОБУДОВИ МІКРОПОЛОСКОВИХ НВЧ-АНТЕН

*Актуальність розробки широкополосних мікрополоскових печатних антен викликана підвищеним інтересом до навігаційної техніки, що побудована на сучасній елементній базі. В статті розглянуто умови розширення полоси частот МПА, та з врахуванням вимог до розширення діапазону робочих частот запропоновано використати модифікований випромінювач Вівальді.*

Сьогодні велика увага приділяється вдосконаленню навігаційної техніки (НТ). Ця техніка повинна створюватися за найсучаснішою технологією, що містить в собі мініатюризацію, використання найсучаснішої елементної бази мікроелектроніки, технологічність та дешевизну.

Виходячи з цього, антенні блоки, що створюються для засобів НТ, повинні відповідати вимогам: по-перше, широкополосності, а по-друге, суміщенню функцій прийому та передачі з одночасною обробкою радіосигналів в просторі та часі. Також такі антенні блоки мають бути планарними, малогабаритними, з малою вагою та високотехнологічними.

Мета даної роботи – розробка фрагменту антенного блока, що може бути з'єднаний з сучасними вузлами прийомного тракту та забезпечувати вимогам сучасної мікроелектроніки. Найбільш перспективними та такими, що задовольняють вимогам на даному етапі, є мікрополоскові антени (МПА) [1, 2].

Незважаючи на всі переваги МПА, їх суттєвим недоліком є мала полоса робочих частот (ПРЧ) та неможливість роботи в декількох діапазонах. Обмеження ПРЧ відбувається внаслідок різкого розлагодження вхідного опору антени при відхиленні частоти сигналу від резонансної, на яку розрахований випромінювальний елемент (ВЕ). Тобто ПРЧ визначається за частотною залежністю вхідного опору ВЕ (рис. 1) [1].

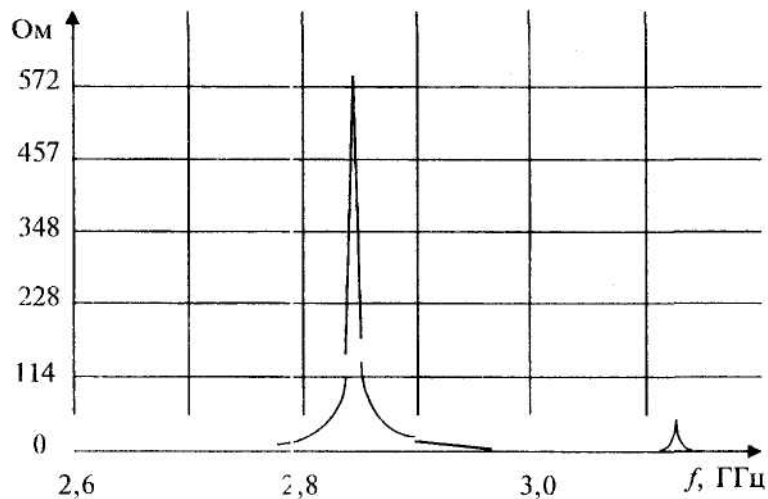


Рис. 1

В останні роки багато робіт присвячено розгляду способів збільшення діапазонності МПА. Аналіз збільшення діапазонності МПА проводиться на класичному прямокутному випромінювачі. Вхідний імпеданс такого випромінювача є функцією частоти. Наша задача полягає в тому, щоб розглянути способи зменшення його частотної залежності.

Класична МПА базується на використанні дво- або тришарової структури, в якій як активне середовище використовується неполярний діелектрик, на який нанесено шари металу з низьким питомим опором, що виконують роль випромінюючої структури. Лінійні розміри МПА зменшуються за рахунок сповільнення електромагнітних хвиль у середовищі діелектрика. Будь-який мікрополосковий випромінювач містить в собі: пластинку з низьким питомим опором – ВЕ (1), екран (2), діелектричну основу (3) (рис. 2). У зв'язку з вимогами,

що висуваються до діаграми напрямленості (ДН), конструкція ВЕ може бути різної форми (рис. 3) [2, 4]. Необхідно розглянути вплив на широкополосність антени різних її параметрів.

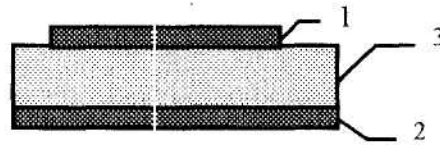


Рис. 2

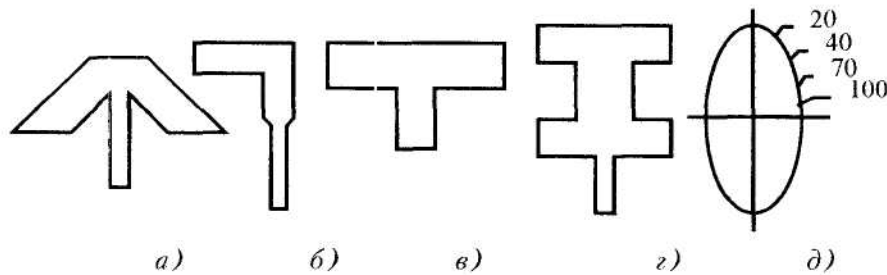


Рис. 3

По-перше, вхідний імпеданс залежить від точки живлення. Наприклад, у ВЕ у вигляді еліпса (рис. 3,д) імпеданс малий в точці осі, що проходить в площині Н, і збільшується при переміщенні по кромці елемента до точки в площині Е, досягаючи в ній максимального значення (штрихами позначено місце відклячення живлення та підписано значення імпедансу у відповідних точках) [1, 4].

Збудження МПА у формі прямокутника можна здійснити з торця або у площині ВЕ. В першому варіанті екрануючий шар коаксимального кабелю під'єднується до екрана, а центральна жила через підложку з'єднується електрично з ВЕ (рис. 4,а). При площинному збудженні фідер розташований в площині ВЕ. Варіантів такого збудження може бути багато. Варіанти рис. 4,б-г відповідають гальванічному з'єднанню мікрополоскового провідника з ВЕ або через узгоджувальний пристрій, або зі зміщеною точкою живлення. Варіант, показаний на рис. 4,в, відповідає збудженню широкого ВЕ в кількох точках для підтримання домінуючого типу коливань. При такому живленні ВЕ виключається вплив фідера на характеристики випромінювача. Також підбором точки з'єднання можна досягти оптимального узгодження. У варіанті на рис. 4,д збудження ВЕ відбувається за рахунок ємнісного зв'язку між лінією живлення та ВЕ – 1, який закорочено на екран штирем. 2 – відгалужувач; його живлення може виконуватись або торцевим, або площинним способом. Величина вхідного імпедансу залежить від довжини відгалужувача 2, а також від розміщення точки його живлення, якщо воно проводиться вздовж вільного незв'язаного краю.

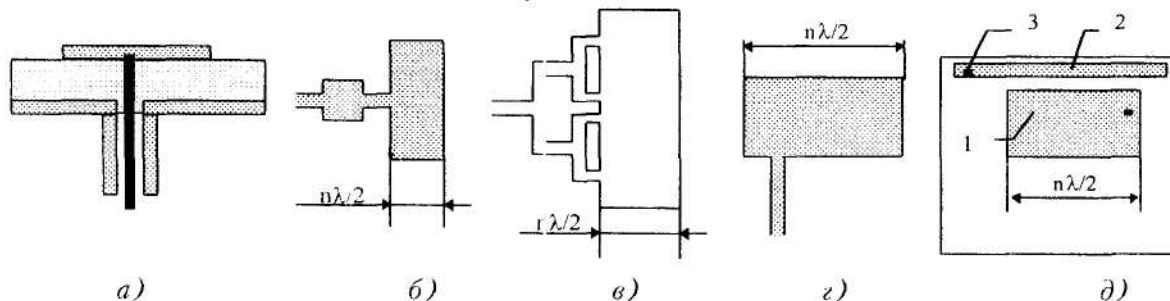


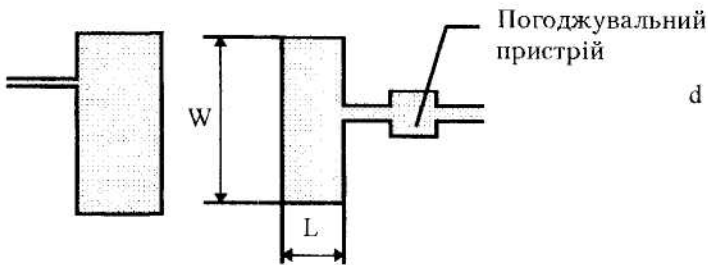
Рис. 4

Один із шляхів розширення ПРЧ – погодження імпедансу антени за допомогою широкополосного пристрою (трансформатора).

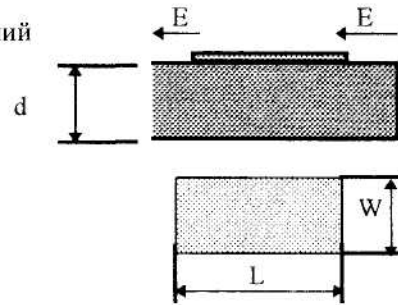
По-друге, ПРЧ залежить від самого ВЕ. Довжина мікрополоскового випромінювача  $L$  визначається за формулою:

$$L = n \cdot \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Тобто випромінювач має резонансні властивості, тому що його розміри кратні довжині хвилі. Якщо хвильовий опір ВЕ дорівнює 50 Ом, то такий випромінювач називається вузьким (рис. 5, а, б). Широкі випромінювачі мають менший опір.



а)  
Рис. 5



б)  
Рис. 6

Всі характеристики прямокутного ВЕ знаходяться шляхом заміни МПА двома випромінюючими щілинами, що рознесені на відстань  $L$  (рис. 6) шириною  $d$ , яка дорівнює товщині діелектрика, та довжиною  $W$ , що дорівнює ширині мікрополоскового випромінювача.

Повна провідність випромінювання прямокутного ВЕ з врахуванням того, що прямокутний резонатор розглядається як система з двох щілинних випромінювачів, буде дорівнювати у довільній точці збудження  $X_0$  [2]:

$$Y(X_0) \approx 2(G + G_{12}) \cdot \cos^{-2}(\beta \cdot X_0); \quad (1)$$

де  $G$  – провідність випромінюючої щілини, що дорівнює  $G = G_{11} + jB$ ;

$G_{11}$  – власна провідність щілини;

$G_{12}$  – вплив провідності другої щілини на першу (зовнішній зв'язок);

$B$  – еквівалентна реактивна провідність, що носить реактивний (ємнісний) характер:

$$B = \omega C = Y_0 \operatorname{tg}(\beta \cdot \Delta L);$$

$\beta$  – постійна розповсюдження хвилі в структурі діелектрика;

$\Delta L$  – вкорочення резонатора;

$Y_0$  – хвильова провідність.

Якщо  $\omega/d \ll 1$ , то

$$Y_0 = \sqrt{\epsilon_a} (120\pi)^{-1} \left\{ \frac{\omega}{d} + 1,393 + 0,67n \left[ \frac{\omega}{d} + 1,44 \right] \right\}. \quad (2)$$

Враховуючи, що у рівняння (1) входить взаємна провідність, то можна передбачити, що, якщо змінювати форму другої щілини, то можна буде у визначеному діапазоні частот добитися відносної стабільності повного вхідного імпедансу.

По-третє, широкополосність залежить від діелектричної проникності діелектрика  $\epsilon$  та його товщини (що видно з рівняння (1)). Але при збільшенні товщини підложки виникають поверхневі хвилі, що сприяють збільшенню небажаних випромінювань фідера. Як наслідок, збільшується взаємозв'язок між елементами та викривляється ДН антени. Тому звичайно товщину підложки беруть невеликою. Збільшення відношення ширини елемента до товщини підложки викликає виникнення коливань вищих порядків [5]. Як видно, останніми параметрами потрібно маніпулювати досить обережно.

Найбільш повно відповідає умовам діапазонності антена Вівальді (рис. 7) [2, 3], що має перекриття по частоті 4:1. Конструктивно вона має виїмку – 3, тобто нерегулярну щілину, яка добре погоджується індуктивним фідером – 4, зробленим на полосковій лінії. Така антена є антеною поверхневих хвиль [2].

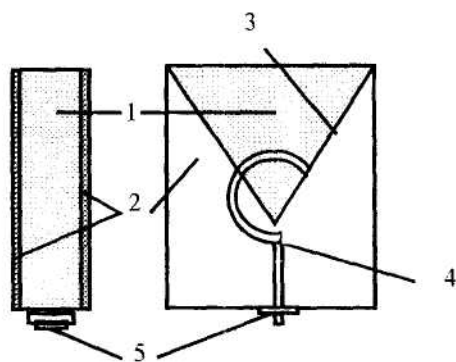


Рис. 7

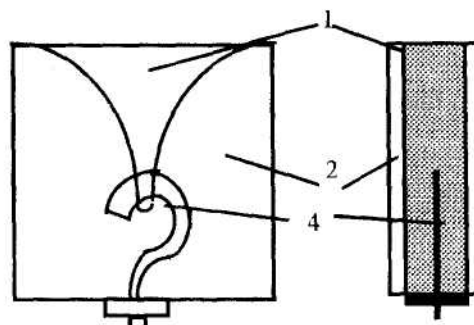


Рис. 8

Враховуючи всі наведені вище вимоги щодо широкополосності конструкції МПА, була модифікована антена Вівальді (рис. 8). Живлення антени – це полоскова лінія, що експоненційно розширюється та розрахована за методикою самоповнюючих логіперіодичних антен, які, як відомо, є частотно-незалежними структурами. Збуджувати такий фідер можливо за допомогою П-подібного хвилеводу або коаксимального кабелю. Саму виїмку пропонується виконати також за експоненційним законом, що забезпечить плавну зміну вхідної провідності.

В результаті моделювання отримано попередні результати, котрі уточнюються.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Панченко Б.А., Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны. – М.: Радио и связь, 1986. – 144 с.
2. Нефедов Е.И., Козловский В.А. и др. Микрополосковые излучающие и резонансные устройства. – К.: Техніка, 1990. – 160 с.
3. Зарубежная радиоэлектроника, 1988. – № 6.
4. Зарубежная радиоэлектроника, 1981. – № 10.
5. Радиоэлектроника за рубежом, 1985. – № 9.
6. Радиоэлектроника за рубежом, 1985. – № 12.
7. Радиотехника СВЧ, 1985. – № 27.

МОВЧАН Сергій Валеріанович – студент 4-го курсу групи АР-2 факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– розробки в області нової навігаційної техніки.

СІНКЕВИЧ Юрій Віталійович – студент 4-го курсу групи АР-2 факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– розробки в області нової навігаційної техніки.