

## ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОСМУЖКОВИХ АНТЕН ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ МОД

*Покотілов А. В.*

*(Науковий керівник Сушко О. Ю., к.т.н., асистент)*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,*

*Радіотехнічний факультет*

У зв'язку з розвитком бездротових технологій виникла потреба в ефективних і компактних антенах, зокрема в мікросмужкових антенах, що часто використовуються в системах передачі інформації. Для детального аналізу і покращення характеристик антенвикористовується теорія характеристичних мод (ТХМ). Характеристичні моди (ХМ) інтерпретуються як ортогональний набір струмів, які описують струм на поверхні провідника. Впровадження методу ХМ для провідника здійснюється шляхом розбиття поверхні на елементи RWG (трикутні базисні функції). ХМ отримуються з матриці імпедансів за допомогою методу моментів (МоМ), шляхом вирішення рівняння власних чисел:

$$[X][I_n] = \lambda_n [R][I_n],$$

де  $I_n$  – матриця власних струмів, а  $\lambda_n$  – матриця власних чисел. Значення власних чисел розраховані в програмі ФЕКО для квадратного випромінювача зі зрізами (рис. 1) в діапазоні частот 2–4 ГГц з дискретним кроком 25 МГц.

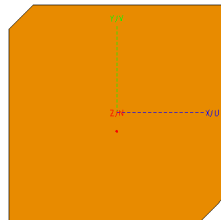


Рис 1. Квадратний випромінювач зі зрізами

Мода є в резонансі якщо  $\lambda_n = 0$  (рис. 2). Але в такому вигляді важко визначити резонанс ХМ, тому використовують інші представлення власних чисел у вигляді характеристичних кутів та модової значимості відповідно:

$$\alpha_n = 180^\circ - \arctan(\lambda_n), \quad MS_n = \left| \frac{1}{1 + \lambda_n} \right|.$$

Характеристичні кути показують фазовий кут між струмом на поверхні провідника і збудженим тангенціальним електричним полем. Модова значимість показує, які моди є домінуючими. Колова поляризація досягається шляхом підбору розмірів випромінювача і його зрізів таким чином, щоб на заданій частоті різниця характеристичних кутів основних

мод становила  $90^\circ$  (рис. 3).

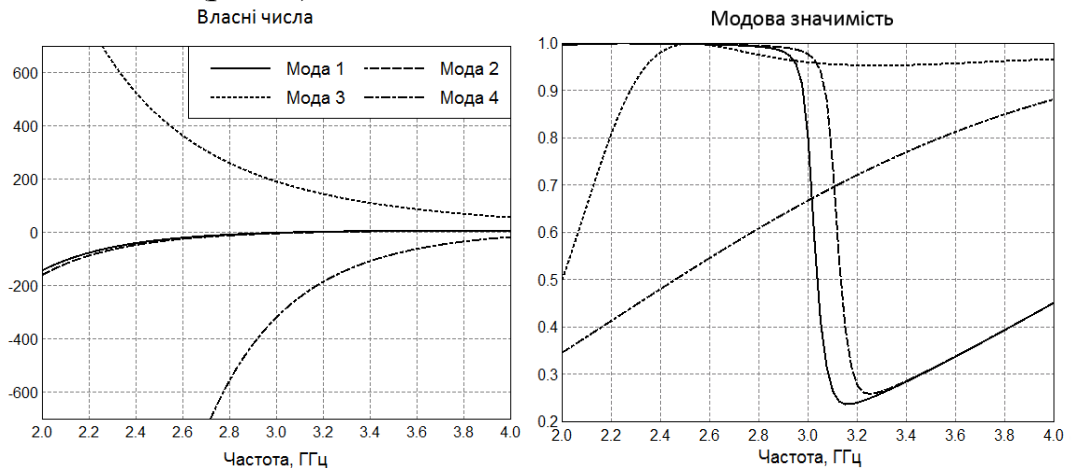


Рис 2. Власні числа та нормалізована модова значимість

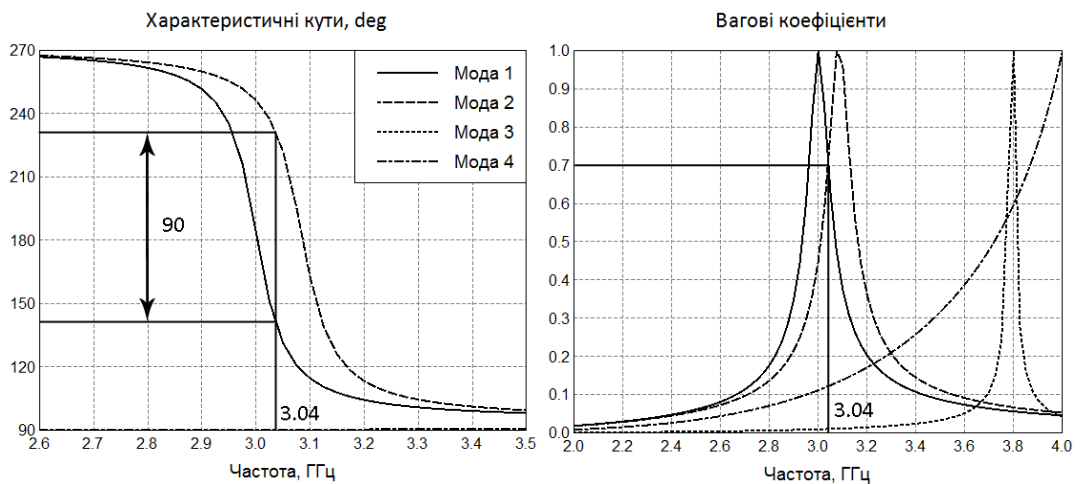


Рис 3. Характеристичні кути та нормалізовані модові вагові коефіцієнти

Мода вважається домінуючою, якщо її значимість більша за 0,7. Із графіка модової значимості (рис. 2) видно, що окрім бажаних мод значний вплив має третя мода і це необхідно врахувати при виборі точки живлення. Вагові коефіцієнти показують, як добре збуджуються моди в даній точці. Точка живлення розміщується на осях структури таким чином, щоб досягти однакового збудження бажаних мод на заданій частоті та придушення небажаних, наприклад 3-ї (рис. 3).

Таким чином, теорія характеристичних мод є ефективною для проектування мікросмужкових антен. На основі цієї теорії можна детально проаналізувати поведінку мод та покращити характеристики антен.

### Література

1. Antenna Theory / С. А. Balanis. New Jersey: Wiley, 2005. – 1099 p.
2. On the modal resonant properties of microstrip antennas [Електронний ресурс] / P. Hazdra [et al.]. Електронна бібліотека IEEE Explore: [сайт]. New Jersey, 2012. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6206511> (дата звернення: 29.04.2018).
3. Characteristic Modes Theory and Applications in Antenna Engineering / Yikai Chen, Chao-Fu Wang. Singapore: Wiley, 2015. – 267 p.