

УДК 621.37

Логачова Л.М.¹, Овчинніков В.В.²

¹старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. БК-212сп НУ «Запорізька політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАМАТЕРІАЛІВ У ТЕХНІЦІ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ

На даному етапі розвитку сучасної техніки надвисоких частот, систем зв'язку і телекомунікацій, антенної техніки та радіолокації широке застосування знайшли частотно-селективні (частотно-вибіркові) пристрої, що являють собою, переважно, фільтрувальні структури різного типу, які застосовують у широкому мікрохвильовому діапазоні. Як правило, такі мікрохвильові фільтрувальні елементи, вузли та модулі виконуються на основі ліній передачі з розподіленими параметрами: коаксіальних лініях, хвильоводах, мікросмугових лініях та ін., а також у вигляді комбінованих і гібридних пристроїв з розподіленими і зосередженими елементами.

Серед них можна виділити лінії передавання зі спеціальною періодичною структурою поверхні складної форми, що володіють частотно-

селективними властивостями, які в мікрохвильовій техніці часто використовуються як сповільнювальні системи (СС), частотні НВЧ-фільтри і фільтри гармонік.

У сучасній техніці надвисоких частот поліпшення параметрів частотно-селективних пристроїв можна отримати, якщо використовувати в таких конструкціях відносно нові періодичні структури на основі метаматеріалів.

Під метаматеріалами розуміється не природні, а штучно створені макроскопічні композитні середовища, що складаються з періодично розподілених у просторі простих комірок (можливі комірки різної форми).

Існує безліч форм елементів частотно-селективних поверхонь - FSS (Frequency Selective Surfaces).

Рисунок 1 ілюструє деякі з їх найпоширеніших форм, включаючи квадратний патч (а), диполь (б), круглий патч (в), перехресний диполь (г), ерусалимський хрест (д), квадратну петлю і кільце (є), (кругову петлю (ж), квадратну апертуру (з), які під час збудження виявляють властивості, які не зустрічаються в природних матеріалах. Залежно від їхньої конструкції метаматеріали можуть мати одночасно негативні значення як діелектричної, так і магнітної проникностей, що призводить до негативного коефіцієнта заломлення такого середовища.

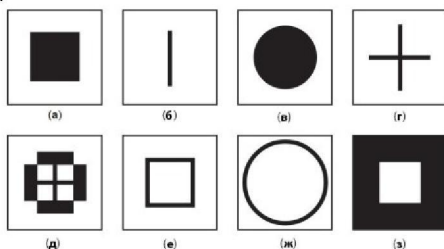
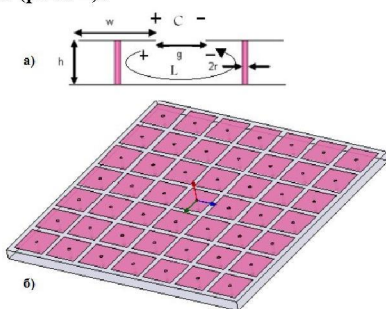


Рисунок 1 - Деякі типові форми елементів FSS

Однією з перших і найбільш відомих частотно-селективних поверхонь є грибоподібна структура (рис. 2).



а) параметри елементарної комірки б) 3D-вигляд
Рисунок 2 - Загальний вигляд грибоподібної структури

Періодична грибоподібна структура складалася з маленьких квадратних металевих осередків з довжиною $w \ll \lambda$, (де λ - довжина хвилі, що поширюється), сполучених із металевою основою за допомогою вертикальних циліндричних стрижнів - "ніжок", які мають радіус $2r \ll \lambda$, ширина зазору g , товщина підкладки h , (рис. 2). Залежно від геометрії частотно-селективні поверхні (ЧСП) можуть бути двошаровими або тришаровими. Електромагнітні властивості таких структур можна описати, використовуючи еквівалентну схему з двох елементів - ємності та індуктивності (рис. 2, а).

Способи формування ЧСП можуть бути різними і залежать від розмірів структури і від обраної частоти. Спектральна поведінка ЧСП повністю визначається геометрією поверхні на одиничній комірці при виконанні умови $L \ll \lambda$, де L - період комірки, λ - довжина хвилі, що поширюється. За такої умови кількість комірок на відстані однієї довжини хвилі досить велика, що дає змогу представити таку структуру у вигляді поверхні рівного імпедансу $Z_s(\omega)$. Комбінуючи індуктивні та ємнісні елементи, можна створювати поверхні з різним видом і величиною реактивності та внаслідок цього отримувати різний поверхневий імпеданс, який визначається формулою:

$$Z_s = \frac{j\omega L}{1 - 4\omega^2 LC}$$