

При прогнозуванні ЕМС РЕЗ на етапі розробки використовуються аналітичні методи, у тому числі реалізовані програмно. Завдання визначення реакції РЕЗ на вплив сигналів і завад на наступних етапах можуть успішно вирішуватися методами імітаційного моделювання й експериментальних методів. Нарешті, для визначення характеристик ЕМС різних пристроїв доцільніше використовувати експериментальні методи аналізу.

1. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем // Под ред. Н.М. Царькова. – М.: Радио и связь, 1985, 271 с.
2. В.И. Петровский, Ю.Е. Сидельников. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – М.: Радиосвязь, 1986 г.
3. ГОСТ 23872-79. Совместимость радиоэлектронных средств. Электромагнитная номенклатура параметров и классификация технических характеристик.

Поступила 9.02.2009р.

УДК 539.293

В.В. Гоблик, к.ф.-м.н., доц., НУ "Львівська політехніка"
І.В. Ничай, аспірант, НУ "Львівська політехніка"

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЛАСТИНИ З ПОДВІЙНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ

A mathematical model, as a branched continual fraction, of periodically nonuniform dielectric plate, is considered. The numerical results of spatial distribution of the field for the different values of period of the followings of nonuniformities are got. The features of the field distribution which arise up as a result of modulation of dielectric conductivity of structure by the two periodic sequences of rectangular functions are analysed.

Вступ

Періодично-неоднорідні структури (ПНС) у вигляді пластини з модульованою діелектричною проникністю широко використовуються в якості елементів інфокомунікаційних систем завдяки своїм унікальним властивостям: просторово-частотної фільтрації, комутації та каналізації інформаційних потоків; просторового мультиплексування каналів передачі інформації; розчеплення спектру випромінювання квантових генераторів; покривати інформаційним полем задані області простору. В основі таких властивостей лежать ефекти взаємодії сторонніх джерел поля з ПНС, які досліджувались як експериментальними так і методами математичного моделювання в роботах [1-8]. В роботі [1] в строгій електродинамічній постановці розв'язана задача збудження плоскої діелектричної пластини (ДП)

довільними сторонніми джерелами поля, яка зведена до розв'язку інтегрального рівняння Фредгольма другого роду відносно струмів поляризації, що протікають в пластині. В роботах [2-3] отримано у вигляді гіллястих ланцюгових дробів [4] строге рішення задачі збудження довільним джерелом поля ДП з кратною періодичністю модуляції її діелектричної проникності, яке описує розподіл поля над структурою та дисперсійні властивості таких структур. В роботі [5] розроблені алгоритми та досліджені інфокомунікаційні властивості одновимірних фотонних кристалів на основі ДП з діелектричною проникністю, модульованою одною періодичною послідовністю прямокутних функцій. В роботі [6] виконано детальний аналіз ефектів формування випромінювання поля в напрямку "нормалі" до структури та досліджено вплив параметрів конструкції періодично - неоднорідної ДП на закономірності формування спектра просторових гармонік поля такої структури. Ефекти випромінювання поля в напрямку "нормалі" до ПНС, отримані експериментальним шляхом, покладені в розробку нових пристроїв інфокомунікаційних систем [7,8].

Аналіз результатів виконаних робіт вказує на значні потенційні можливості періодично-неоднорідних структур, не розкриті на даний час, які мають важливе значення для багатьох практичних застосувань. Зокрема, усестороннє дослідження розроблених та відкаліброваних на експериментальних дослідженнях математичних моделей, дозволить "пролити світло" на особливості побудови елементів інфокомунікаційних систем на основі модульованих нанорозмірних структур, що підтверджує актуальність теми даного дослідження.

Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є розробка числової моделі та дослідження інфокомунікаційних властивостей періодично – неоднорідних структур з подвійною періодичністю діелектричної проникності. В якості *об'єкта* дослідження вибрані періодично – неоднорідні діелектричні структури. *Предметом* даного дослідження є особливості та закономірності формування поля періодично-неоднорідної діелектричної пластини з *подвійною модуляцією* діелектричної проникності для задач створення елементів інфокомунікаційних систем. *Новизною* роботи є математична та числова моделі, а також результати числового дослідження та аналізу просторового розподілу поля періодично – неоднорідної пластини, діелектрична проникність якої модульована двома накладеними одна на одну кратними періодичними послідовностями прямокутних функцій для випадку збудження пластини ниткою магнітного струму.

Постановка задачі

Досліджувана структура, зображена на рис. 1, представляє собою періодично-неоднорідну діелектричну пластину, нескінченну вздовж осей x та y , і яка має товщину $b \ll \lambda$ (λ – довжина хвилі). Об'єкт характеризується

незмінними параметрами вздовж осі x . Вздовж осі y здійснена модуляція діелектричної проникності пластини $\varepsilon'(y)$, шляхом накладання одна на одну кратних періодичних послідовностей прямокутних функцій:

$$\varepsilon'(y) = \varepsilon'_{a0} + \varepsilon'_{aM_1} \sum_{n_1=-\infty}^{n_1=\infty} \text{rect}\left(\frac{y-n_1d_1}{\Delta}\right) + \varepsilon'_{aM_2} \sum_{n_2=-\infty}^{n_2=\infty} \text{rect}\left(\frac{y-n_2d_2}{\Delta}\right). \quad (1)$$

Для випадку, що розглядається, структура збуджується ниткою магнітного струму $I_x^M(y, z) = I_{x0}^M \delta(y-0) \delta(z-0)$, синфазного вздовж осі x , де $\vec{I}_x^M = [\vec{n} \times \vec{E}_y]$, \vec{E}_y – напруженість електричного поля, \vec{n} – одиничний вектор нормалі до поверхні ПНС.

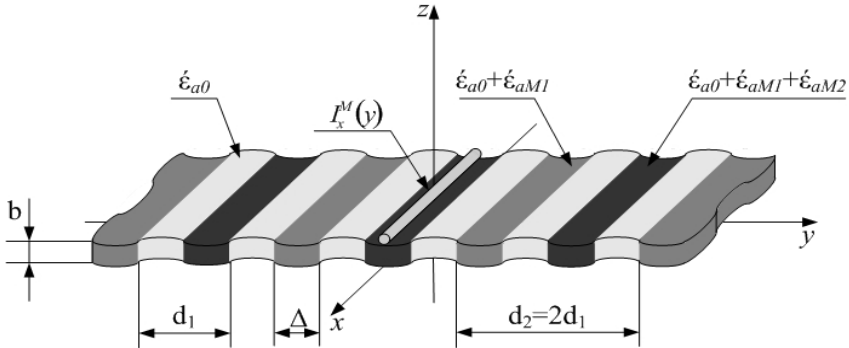


Рис. 1. Діелектрична пластинка з подвійною періодичністю

Математична модель

Математична модель, яка описує спектральну густину $F_2(\tilde{\chi})$ сумарного поля, яке є результатом накладання поля стороннього джерела та вторинного поля, утвореного наведеними в періодично-неоднорідній діелектричній пластині поляризаційними струмами, побудована у вигляді гіллястого ланцюгового дробу [4], з використанням рекурентних формул та алгоритмів, наведених в [2,3,5]. В результаті, для даного випадку, отримано наступне співвідношення:

$$F_2(\tilde{\chi}) = -2i \frac{(\sqrt{\tilde{\chi}^2 - 1})}{D_{0,\Delta}(\tilde{\chi}) D_{1,\Delta}(\tilde{\chi}) D_{2,\Delta}(\tilde{\chi})}, \quad (2)$$

де:

$$D_{0,\Delta}(\tilde{\chi}) = \sqrt{\tilde{\chi}^2 - 1} - Z_0$$

$$D_{1,\Delta}(\tilde{\chi}) = 1 + Z_1 \sum_{n_1=-\infty}^{\infty} \frac{\sin c(n_1\pi\Delta/d_1)}{D_{0,\Delta}(\tilde{\chi} - n_1T_1)}$$

$$D_{2,\Delta}(\tilde{\chi}) = 1 + Z_2 \sum_{n_2=-\infty}^{\infty} \frac{\sin c(n_2\pi\Delta/d_2)}{D_{0,\Delta}(\tilde{\chi} - n_2T_2) D_{1,\Delta}(\tilde{\chi} - n_2T_2)}$$

$$Z_0 = \widehat{b} \widehat{\varepsilon}_{a0}, \quad Z_1 = -\frac{\widehat{\varepsilon}'_{aM1} \widehat{b} \Delta}{d_1}, \quad Z_2 = -\frac{\widehat{\varepsilon}'_{aM2} \widehat{b} \Delta}{d_2}, \quad \widehat{\varepsilon}'_{a0} = \frac{\varepsilon'_{a0}}{\varepsilon_0}, \quad \widehat{\varepsilon}'_{aM1} = \frac{\varepsilon'_{aM1}}{\varepsilon_0},$$

$$\widehat{\varepsilon}'_{aM2} = \frac{\varepsilon'_{aM2}}{\varepsilon_0}, \quad \widehat{b} = \frac{b}{\lambda}, \quad T_1 = \frac{\lambda}{d_1}, \quad T_2 = \frac{\lambda}{d_2}, \quad \varepsilon_0 = 10^{-9}/36\pi \text{ [Ф/М]}, \quad \widehat{\chi} = \frac{\chi}{k};$$

χ – просторова частота, яка за своїм фізичним змістом співпадає з хвильовим числом вільного простору $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. λ – довжина хвилі, що

поширюється у вільному просторі.

Для переходу від спектральної густини сумарного поля до функції $\widehat{F}(\theta^\circ)$, яка описує собою діаграму спрямованості структури в дальній зоні, тобто залежність напруженості електричної складової поля від просторового кута θ° , необхідно здійснити в формулі (2) заміну змінних $\widehat{\chi} = k \sin \theta^\circ$ (θ° – просторовий кут поширення просторової гармоніки поля у вигляді плоскої електромагнітної хвилі, який відраховується від нормалі до випромінюючої поверхні).

Відмітимо, що використовуючи співвідношення (2), можна провести аналіз властивостей періодично-неоднорідної діелектричної пластини, прослідкувавши характерні зміни у просторовому розподілі електромагнітного поля, при зміні частоти збудження зовнішнього джерела чи параметрів, що описують періодично-неоднорідну діелектричну пластину.

Особливий практичний інтерес представляють дослідження закономірностей взаємодії поля стороннього джерела з періодично-неоднорідною діелектричною пластиною, які визначаються зміною періодів модуляції діелектричної проникності d_1 та d_2 , ширини неоднорідностей Δ , товщини діелектричної пластини b , діелектричної проникності пластини ε_{a0} та її неоднорідностей $\varepsilon_{a0} + \varepsilon_{aM1}$ та $\varepsilon_{a0} + \varepsilon_{aM1} + \varepsilon_{aM2}$. Окреслені в такий спосіб задачі дослідження були реалізовані в наступному підрозділі роботи.

Результати комп'ютерного моделювання

Дослідження особливостей розподілу поля, що описуються моделлю (2), виконано у середовищі Matlab з використанням розробленого алгоритму. Для дослідження особливостей просторового розподілу поля, як функції просторового кута спостереження θ° в (2) було проведено заміну змінних: $\widehat{\chi} \rightarrow \sin \theta^\circ$. Враховуючи закони симетрії, розрахунок розподілу поля пластини в області дійсних кутів ($-90^\circ \leq \theta^\circ \leq 90^\circ$) проводився тільки для верхньої півплощини ($z > 0$).

На графіках рис. 2 представлені результати розрахунку просторового розподілу електромагнітного поля (функції $\widehat{F}(\theta^\circ)$) періодично-неоднорідної діелектричної пластини з подвійною періодичністю для різних значень періоду d_1 та, відповідно, періоду $d_2 = 2d_1$, при незмінних величинах решти

параметрів конструкції: $b=120$ нм, $\epsilon_{a0}=6.6$, $\epsilon_{aM1}=-5.6$, $\epsilon_{aM2}=3.6$, $\Delta=120$ нм та $\lambda=760$ нм. Ці характеристики відображають комутуючі та фільтруючі інфокомунікаційні властивості структури. Для вивчення впливу додаткової модуляції діелектричної проникності пластини другою послідовністю періодичних функцій, на рис. 2 в одному графічному вікні наведено (для порівняння штриховою лінією) розподіл поля діелектричної пластини, модульованої однією послідовністю періодичних функцій, при незмінних величинах решти параметрів [6].

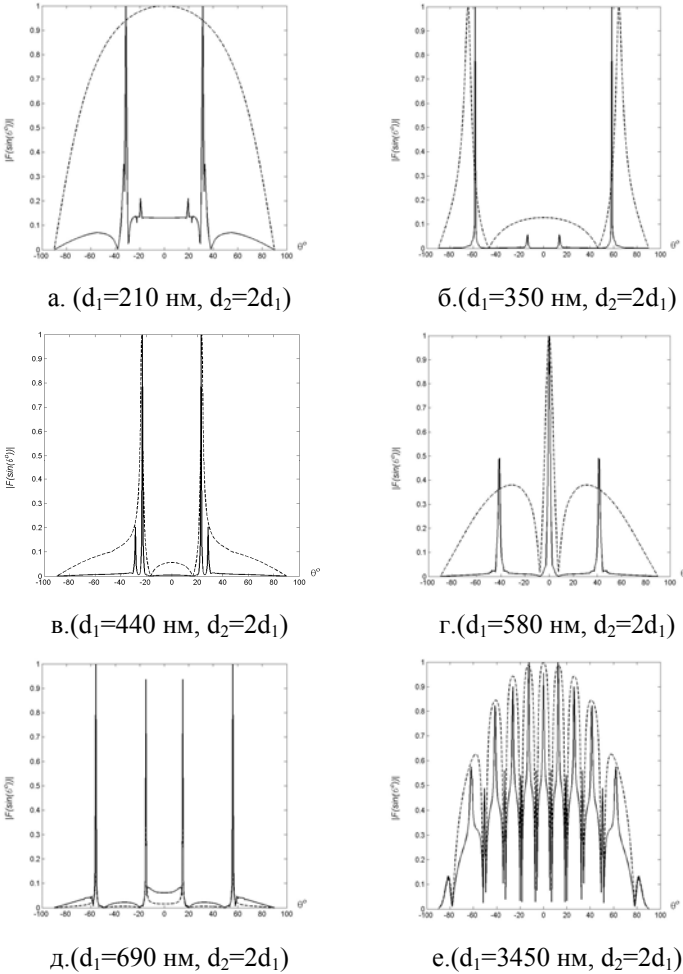


Рис. 2. Просторовий розподіл електромагнітного поля досліджуваної структури для зростаючих значень періоду модуляції d_1, d_2 її діелектричної проникності

Обговорення результатів дослідження

Аналіз рис. 2а,б,в,г виявляє суттєві зміни в розподілі поля за рахунок додаткової модуляції діелектричної пластини кратною послідовністю періодичних функцій. В основному такі зміни проявляються в зменшенні ширини як головного так і бокових пелюсток поля електромагнітного випромінювання. З точки зору практичного застосування такий ефект може бути використаний для покращення просторової (кутової) роздільності каналів комутації інформаційних потоків, просторових фільтруючих властивостей відповідних елементів інфокомунікаційних систем, збільшення відстані прийому-передачі інформаційних сигналів. На рис. 2а можна спостерігати ефект появи напрямленого випромінювання під кутами -35° ÷ 35° за рахунок додаткової модуляції діелектричної пластини періодичною послідовністю прямокутних імпульсів з періодом d_2 , кратним періоду d_1 . За відсутності додаткової модуляції діелектричної проникності напрямлене випромінювання структурою відсутнє, а форма розподілу поля в такому випадку співпадає з полем нитки синфазного магнітного струму, що лежить на не модульованій діелектричній пластині. ПНС з параметрами $d_1=3450$ нм $=6\lambda$ (рис. 2е) проявляє властивості інтерферометра. Додаткова модуляція пластини періодичною послідовністю прямокутних функцій з періодом $d_2=2d_1 = 12\lambda$ приводить до покращення роздільної здатності інтерферометра. Ефекти, отримані на рис. 2в,г,д, можуть лягти в основу побудови просторових диплексорів та мультиплексорів інфокомунікаційних систем.

Висновки

В роботі, на основі математичної моделі у вигляді гіллястого ланцюгового дробу, побудована в середовищі Matlab числова модель діелектричної пластини з подвійною періодичністю модуляції діелектричної проникності. Отримані результати числових досліджень особливостей просторового розподілу поля нитки магнітного струму в присутності періодично-неоднорідної пластини виявили ряд важливих для практичних застосувань інфокомунікаційних властивостей періодично-неоднорідних структур. Модель продемонструвала високу ефективність в задачах дослідження потенційних можливостей періодично-неоднорідних структур для створення елементів інфокомунікаційних систем з покращеними параметрами.

1. Чаплин А.Ф. Синтез плоской диэлектрической антенны // Тр. Москов. энергетического ин-та, 1975. Вып. 237. С. 52-58.
2. Гоблик В.В. Дис. канд. фіз.- мат. наук. – Харків, 1986. – 210 с.
3. Гоблик В.В. Возбуждение модулированной диэлектрической пластины // Вестн. Львов. Политехн. ин-та, Теория и проектирование полупроводниковых и радиоэлектронных устройств. - Львов, 1990. – №245 – С. 20 - 23.

4. Боднар Д.И. Ветвящиеся цепные дроби .-Киев: Наук. думка, 1986.-176 с. 18.
5. Моделювання фотонних кристалів гіллястими ланцюговими дробами / Гоблик В.В., Павлиш В.А., Ничай І.В. // Вісник НУ «Львівська політехніка», серія “Радіоелектроніка та телекомунікації”. – 2007. – № 595. – С. 78-86.
6. Гоблик В.В., Ничай І.В. Інфокомунікаційні властивості періодично-неоднорідної діелектричної пластини // Вісник Національного університету „Львівська політехніка” „Електроніка”. – 2008. – № 619. – С. 29-36.
7. А.с. № 1078512 (СССР) Антенна поверхностной волны/ Гоблик В.В., Чаплин А.Ф., - Опубл. в Б.И., 1984, №9.
8. Патент №15648, Україна. Антенна поверхневої хвилі / Гоблик В.В., Михайлов М.Ю., Чаплин А.Ф., Яцишин С.М.: Державний університет "Львівська політехніка" / Опубл. 30.06.97. Бюл. №3.

Поступила 12.01.2009р.

УДК 621.3

Л.С. Сікора, д.т.н., НУ «ЛП», Львів, І.О.Малець, н.с., Н.К. Лиса, н.с., ЦСД «ЕБТЕС», Львів, Ю.Г. Міюшкович, асп., НУ «ЛП», Львів.

ПРОЦЕДУРИ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ КООРДИНАЦІЙНИХ СТРАТЕГІЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ІЄРАРХІЧНИХ ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЕРТНИХ ЗНАТЬ

Анотація. В статті розглянуто концепцію побудови моделі координаційного управління в ієрархічній системі на основі процедури узгодження цілей в цільовому просторі.

Аннотация. В статье рассмотрена концепция построения модели координационного управления в иерархической системе на основе процедуры согласования целей в целевом пространстве.

Annotation. In the article conception of construction of co-ordinating case frame is considered in the hierarchical system on the basis of procedure of concordance of aims in having a special purpose space.

Ключові слова: експертна система, стратегія, координація, синтез, ієрархія.

Актуальність. На сучасному етапі розвитку технологічних систем є характерною ситуація, коли управляючі рішення приймаються на різних рівнях ієрархії, від автоматичного управління АСУ-ТП до оперативного-

178 © Л.С. Сікора, І.О.Малець, Н.К. Лиса, Ю.Г. Міюшкович