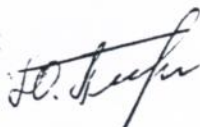


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису

УДК 621.372.852

ПЕТРУШЕВСЬКИЙ Юрій Вячеславович



**КОМПАКТНІ ХВИЛЕВІДНО-ПЛАСТИНЧАСТІ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПОЛЯРИЗАЦІЇ**

Спеціальність 05.12.07 - "Анени та пристрої
мікрохвильової техніки"

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996

02.02
62.396.6

AB 36,010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" на кафедрі теоретичних основ радіотехніки

Науковий керівник:

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Дубровка Ф.Ф.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00757044 (R)

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук
Конін В.В.
кандидат технічних наук
Демченко О.В.

Провідна установа:

НДІ "Буран", м. Київ

Захист відбудеться 9 грудня 1996 р. о 14.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради К 01.02.21 у Національному технічному університеті України "КПІ" за адресою: 252056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, НТУУ "КПІ".

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України "КПІ".

Автореферат розісланий "6" листопада 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук

Кудінов Є.В.

АНОТАЦІЯ

Метою дисертаційної роботи є розробка математичних моделей, числові та експериментальні дослідження компактних хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації: ортомодових перетворювачів (ОМП), секцій диференційного фазового зсуву (ДФЗ) та пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі **розв'язані такі основні задачі:**

1. Методом часткових областей з урахуванням особливості на тонкому ребрі у наближенні ідеальної провідності металічних поверхонь та нескінченно малої товщини гребеня розв'язані задачі поширення хвиль в П- та несиметричних Н-хвилеводах з тонкими гребенями (пластинами).

2. Методом інтегральних рівнянь з використанням узагальнених матриць розсіювання у наближенні ідеальної провідності металічних поверхонь розв'язана внутрішня гранична задача електродинаміки для поздовжньо-нерегулярної структури на основі прямокутного хвилеводу з тонкими поздовжніми металічними пластинами в площині симетрії хвилеводу.

3. На основі створених електродинамічних моделей розроблені алгоритми та програми для аналізу вказаних поздовжньо-нерегулярних структур.

4. Проведені числові дослідження спектру власних хвиль П-, Н-хвилеводів з тонкими гребенями та дифракції хвиль на стиках хвилеводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвилеводів та розгалуженого хвилеводу (хвилевід з пластиною на всю висоту); двох П-, Н-хвилеводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвилеводів та прямокутного хвилеводу. Порівнянням числових результатів з експериментальними та відомими з літератури даними підтверджені точність і адекватність розроблених моделей.

5. Розроблений метод синтезу компактних хвилевідно-пластинчастих ОМП та секцій ДФЗ. Синтезовані компактні ОМП з різними поляризаційними базисами та широкосмугові секції ДФЗ.

6. Розроблені та експериментально досліджені нові конструкції компактних ОМП, широкосмугових секцій ДФЗ та пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі.

Автор захищає:

1. Розв'язки крайових задач для власних хвиль П- та несиметричних Н-хвилеводів з тонкими пластинами у двох формулюваннях: відносно компоненти електричного поля в зазорі між гребенями (модель зазора) та відносно компоненти магнітного поля на гребенях (модель гребеня).

2. Спосіб оцінки точності розрахунку критичних чисел хвилеводів з тонкими пластинами за допомогою двохстороннього наближення, що спирається на розв'язки задач у двох вказаних формулюваннях.

3. Розв'язок задачі дифракції хвиль на стиках хвилеводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвилеводів та розгалуженого хвилеводу; двох П-, Н-хвилеводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвилеводів та прямокутного хвилеводу.

4. Алгоритм і програму, що реалізують одержані математичні моделі хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації.

5. Результати досліджень власних хвиль П-, Н-хвилеводів з тонкими гребенями та дифракції хвиль на стиках хвилеводів з тонкими пластинами.

6. Методику двохрівневого синтезу компактних хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації.

7. Результати розробки оригінальних компактних хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації: компактних ОМП з різними поляризаційними базисами, широкосмугових секцій ДФЗ та пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В радіотехнічних системах сантиметрового та міліметрового діапазонів хвиль широко застосовуються пристрої для перетворення параметрів поляризації радіосигналів (перетворювачі поляризації). Створення новітніх антенних систем і, зокрема, антенних решіток з поляризаційною селекцією сигналів, потребує вдосконалення наявних перетворювачів поляризації як за електродинамічними, так і масогабаритними параметрами. У першу чергу це стосується ортомодових перетворювачів (ОМП), від яких у значній мірі залежать характеристики таких систем. На перший план висувуються вимоги компактності (як можливого елемента антенної решітки), технологічності (для серійного виробництва), малих втрат (для малошумлячих підсилювачів) та високого рівня поляризаційної розв'язки (для поляризаційної селекції сигналів).

Відомі конструкції компактних ОМП з круговим поляризаційним базисом, секцій ДФЗ 90° та 180° , пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі, виконаних на основі квадратних та круглих хвилеводів, в площині симетрії яких містяться гребінчасті чи ступінчасті тонкі металеві пластини. Такі пристрої відрізняються високою компактністю (за формою та розмірами поперечного перерізу хвилеводу), стабільністю параметрів поляризаційних перетворень, малими втратами, технологічністю та малою вагою. В сучасних дослідженнях такі пристрої виділяються в окремий новий клас пристроїв НВЧ, що мають назву

хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації (Septum polarization converters). Дослідження таких пристроїв поки що обмежені лише декількома окремими розробками, майже кожна з яких патентована в розвинених країнах світу.

Аналіз та оптимізація характеристик хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації можливий лише при наявності достатньо точних математичних моделей, що спираються на електродинамічні розв'язки задач для власних хвиль та задач дифракції для позовжньо нерегулярних хвилевідно-пластинчастих структур.

В цілому, оцінюючи сучасний стан теоретичних та практичних досліджень пристроїв поляризаційної обробки сигналів і враховуючи виключну конкурентноздатність хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації, до числа актуальних проблем вказаної сфери слід віднести розробку адекватних математичних моделей, ефективних алгоритмів і програм для дослідження та проектування компактних ОМП з різними поляризаційними базами, широкосмугових секцій ДФЗ та пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі. Необхідність оптимізації параметрів відомих конструкцій та створення нових конструкцій хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації, проведення числових та експериментальних досліджень їхніх характеристик визначає актуальність цієї роботи.

Основні методи дослідження. При розв'язанні задач дисертації були використані метод узагальнених матриць розсіювання, метод інтегральних рівнянь, метод часткових областей з урахуванням особливості поля на ребрі, математичні методи лінійної алгебри та векторного аналізу.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у таких результатах:

1. Здобуті нові розв'язки задач поширення хвиль в П- та несиметричних Н-хвилеводах з тонкими пластинами, що спрощують визначення критичних чисел та підвищують точність їх розрахунку. Задачі поширення хвиль розв'язані у двох формулюваннях: відносно компонент електричного поля в зазорі між гребенями та відносно компонент магнітного поля на гребенях. Показано, що розв'язки за цими двома формулюваннями дають двохсторонні оцінки для критичних чисел.

2. Розв'язані задачі дифракції хвиль на неоднорідностях, що містяться у хвилевідно-пластинчастих перетворювачах поляризації на основі прямокутних хвилеводів з тонкими позовжньо-нерегулярними металічними пластинами в площині симетрії. Одержані вирази для коефіцієнтів зв'язку власних векторних функцій стиків хвилеводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвилеводів та розгалуженого хвилеводу; двох П-, Н-хвилеводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвилеводів та прямокутного хвилеводу.

3. На основі здобутих розв'язків розроблений ефективний метод синтезу компактних хвилевідно-пластинчастих ОМП та секцій ДФЗ. Синтезовані компактні ОМП з різними поляризаційними базисами та ширококутові секції ДФЗ.

4. Запропоновані та синтезовані нові пристрої поляризаційної обробки сигналів на основі хвилевідних поздовжньо-нерегулярних структур з тонкими металічними пластинами. Серед них: компактні ОМП з різними поляризаційними базисами, ширококутові секції ДФЗ та пристрої для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому, що:

1. Створено комплекс програм електродинамічного розрахунку поздовжньо-нерегулярних структур на основі прямокутного хвилеводу з тонкими металічними пластинами в площині симетрії.

2. Розроблена методика проектування високоякісних хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації з заданими електродинамічними параметрами.

3. Запропоновані, розроблені та експериментально досліджені: ОМП з різними поляризаційними базисами, ширококутові секції ДФЗ та пристрої для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі. Перевагами розроблених пристроїв є компактність (за формою та розмірами поперечного перерізу), технологічність, високий рівень поляризаційної розв'язки та малий рівень втрат. Розроблені оригінальні конструкції цих пристроїв для промислового виробництва.

4. Розроблена ефективна методика вимірювань параметрів хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації.

Реалізація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи використані в НДР "Граната-УО", "Беркут", "Едельвейс", "ВІ-КПІ-47-УО", "Говерла", "Магнат" та "Магнолія", що були виконані та виконуються на кафедрі теоретичних основ радіотехніки Київського політехнічного інституту, а також впроваджені в розробках НДІ "Буран" (м. Київ) та НВП "Лотос" (м. Київ).

Апробація роботи. Основні положення та результати роботи доповідались і обговорювались на Міжнародній конференції з математичних методів у теорії електромагнетизму ММЕТ-94 (м. Харків, 1994р.), Міжнародній конференції з теорії та техніки антен МКТТА (м. Харків, 1995р.) та Міжнародному симпозиумі URSI з електромагнітної теорії (м. Санкт-Петербург, 1995р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 5 друкованих робіт та подано три заявки на отримання патентів України і Росії. Результати роботи відображені у 7 звітах з НДР.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота викладена на 130 сторінках друкованого тексту, ілюстрована 57 рисунками та 12 таблицями. Робота складається із вступу, трьох розділів, заключної частини та списку літератури, що включає 129 найменувань.

СТИСЛИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині визначені актуальні нерозв'язані питання розробки та створення нових хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації, сформульовані мета та задачі дисертації, наведені основні положення, що подаються до захисту.

У першому розділі на підставі аналізу опублікованих робіт викладено сучасний стан досліджень хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації та обгрунтовано вибір методів розв'язання задач дисертаційної роботи. Для визначення власних хвиль хвилеводів з тонкими пластинами обрано метод часткових областей з урахуванням особливостей поля на ребрах. Для електродинамічного аналізу хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації обрано метод інтегральних рівнянь з використанням узагальнених матриць розсіювання. Вказано на актуальність розробки ефективних алгоритмів синтезу хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації.

Другий розділ містить результати розробки математичних моделей поздовжньо-нерегулярних структур на основі прямокутних хвилеводів з тонкими металічними пластинами в площині симетрії. У наближенні ідеальної провідності металічних поверхонь та нескінченно малої товщини пластини розв'язані задачі поширення хвиль у Π - (рис.1.а) та несиметричних Н- (рис.1.б) хвилеводах з тонкими пластинами.

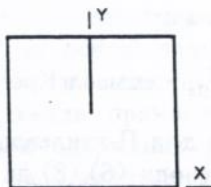


Рис.1.а.

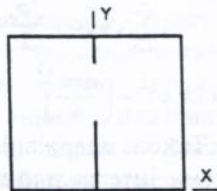


Рис.1.б.

Загальний вигляд та позначення геометричних параметрів відповідних часткових областей для Π - та несиметричних Н-хвилеводів з тонкими пластинами наведено на рис. 2.а, б. Загальний вигляд та позначення геометричних параметрів розгалуженого хвилеводу з тонкою пластиною наведено на рис. 3.

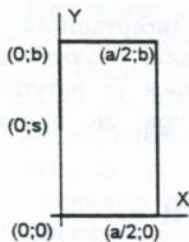


Рис.2.а.

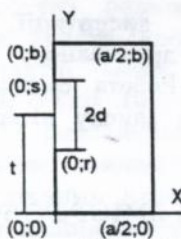


Рис.2.б.

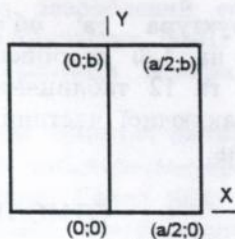


Рис.3.

Крайові задачі для власних хвиль Π -, H -хвильоводів з тонкими пластинами розв'язано у двох формулюваннях: відносно компонент електричного поля в зазорі між гребенями (модель зазора) та відносно компонент магнітного поля на гребенях (модель гребня). Такі формулювання стали можливі завдяки наближенню нескінченно малої товщини пластини.

В результаті одержані такі інтегральні рівняння за моделлю зазора для визначення непарних магнітних (1),(2) та електричних (3),(4) хвиль Π - (1),(3) та H - (2),(4) хвильоводів з тонкими пластинами, що сформульовані відносно електричних компонент поля E_y , E_z в зазорі з використанням граничних умов для магнітних компонент поля H_z , H_y :

$$\sum_{n=0}^{\infty} (2 - \delta_{0n}) \frac{\operatorname{ctg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2}}{\sqrt{\varphi_n}} \cos \frac{n\pi y}{b} \int_0^s E_y(y) \cos \frac{n\pi y}{b} dy = 0, \quad (1)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} (2 - \delta_{0n}) \frac{\operatorname{ctg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2}}{\sqrt{\varphi_n}} \cos \frac{n\pi y}{b} \int_{t-d}^{t+d} E_y(y) \cos \frac{n\pi y}{b} dy = 0, \quad (2)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{\varphi_n} \operatorname{ctg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2} \sin \frac{n\pi y}{b} \int_0^s E_z(y) \sin \frac{n\pi y}{b} dy = 0, \quad (3)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{\varphi_n} \operatorname{ctg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2} \sin \frac{n\pi y}{b} \int_{t-d}^{t+d} E_z(y) \sin \frac{n\pi y}{b} dy = 0, \quad (4)$$

де $\varphi_n = (k_c a)^2 - \left(\frac{n\pi a}{b}\right)^2$, k_c - критичні числа, δ_{0n} - символ Кронекера.

Також одержані інтегральні рівняння для Π -хвильоводу (5),(7) та системи інтегральних рівнянь для H -хвильоводу (6),(8) за моделлю гребеня для визначення непарних магнітних (5),(6) та електричних (7),(8) хвиль, що сформульовані відносно магнітних компонент поля H_z , H_y в зазорі з використанням граничних умов для магнітних компонент поля E_y , E_z :

$$\sum_{n=0}^{\infty} (2 - \delta_{0n}) \operatorname{tg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2} \sqrt{\varphi_n} \cos \frac{n\pi y}{b} \int_s^b H_z(y) \cos \frac{n\pi y}{b} dy = 0, \quad (5)$$

$$\begin{cases} D(y) = 0, y \in [0, r], \\ D(y) = 0, y \in [s, b], \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{де: } D(y) = \sum_{n=0}^{\infty} (2 - \delta_{0n}) \operatorname{tg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2} \sqrt{\varphi_n} \cos \frac{n\pi y}{b} \left[\int_0^r H_z(y) \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right) dy + \int_s^b H_z(y) \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right) dy \right],$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \operatorname{tg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2} \frac{1}{\sqrt{\varphi_n}} \sin \frac{n\pi y}{b} \int_s^b H_y(y) \sin \frac{n\pi y}{b} dy = 0, \quad (7)$$

$$\begin{cases} D(y) = 0, y \in [0, r], \\ D(y) = 0, y \in [s, b], \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{де: } D(y) = \sum_{n=1}^{\infty} \operatorname{tg} \frac{\sqrt{\varphi_n}}{2} \frac{1}{\sqrt{\varphi_n}} \sin \frac{n\pi y}{b} \left[\int_0^r H_x(y) \sin \frac{n\pi y}{b} dy + \int_s^b H_x(y) \sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right) dy \right] = 0.$$

Інтегральні рівняння (1)-(8) розв'язані методом Галеркіна. Невідомі компоненти поля апроксимовані системами функцій, що правильно враховують особливості поля на ребрах та вдовольняють відповідні граничні умови. Такими функціями обрано поліноми Чебишева першого та другого роду. В результаті одержані однородні системи лінійних алгебраїчних рівнянь, а також вирази для визначення невідомих коефіцієнтів та власних векторних функцій хвилеводів з тонкими пластинами.

Внутрішня гранична задача електродинаміки для поздовжньо-нерегулярної структури на основі прямокутного хвилеводу з тонкими металічними пластинами в площині симетрії розв'язана методом інтегральних рівнянь з використанням узагальнених матриць розсіювання. Знайдені вирази коефіцієнтів зв'язку для стиків хвилеводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвилеводів та розгалуженого хвилеводу; двох П-, Н-хвилеводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвилеводів та прямокутного хвилеводу.

На основі розроблених математичних моделей створені програми для електродинамічного аналізу поздовжньо-нерегулярних структур на основі прямокутного хвилеводу з тонкими металічними пластинами в площині симетрії. Проведено числові дослідження власних хвиль прямокутних хвилеводів з тонкими пластинами та порівняння одержаних результатів з відомими даними. Досліджена точність та адекватність математичних моделей для власних хвиль, залежність збіжності отриманих результатів для обох моделей від конфігурації пластини. Встановлено, що наближення нескінченно малої товщини пластини дозволяє запобігти накопиченню машинних та методичних помилок, пов'язаних з виродженням часткової області під тонким гребенем та зміною особливості поля на тонкому ребрі, і, як результат, спростити та підвищити точність розрахунків критичних чисел для П-, Н-хвилеводів з товщиною гребеня менше 5-10% від ширини основи хвилеводу.

Окрім того, встановлено, що модель зазора за критеріями точності та збіжності результатів краще використовувати для П-, Н-хвильоводів з малими зазорами та з коефіцієнтами прямокутності (відношення основи до висоти) більше одиниці, а модель гребеня - для хвильоводів з малими гребенями та з коефіцієнтами прямокутності менше одиниці. Вказано, що розроблені моделі (модель зазора та модель гребеня) для власних хвиль П-, Н-хвильоводів з тонкими гребенями можна використовувати для оцінки та підвищення точності розрахунку критичних чисел за допомогою двохстороннього наближення, що спирається на розв'язки задач у двох вказаних формулюваннях. Така оцінка точності розрахунку критичних чисел особливо корисна для П-, Н-хвильоводів з середніми значеннями висот гребенів та з коефіцієнтами прямокутності близько одиниці (квадратний хвильовід), що важливо для практичного застосування таких хвильоводів у хвильовідно-пластинчастих перетворювачах поляризації.

За допомогою створеного програмного забезпечення та розробленого експериментального макету виконано числові та експериментальні дослідження дифракції хвиль на стиках хвильоводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвильоводів та розгалуженого хвильоводу; двох П-, Н-хвильоводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвильоводів та прямокутного хвильоводу. Порівнянням числових та експериментальних результатів перевірена коректність та оцінена точність моделі для поздовжньо-нерегулярної структури.

З використанням створених математичних моделей розроблено ефективний метод двохрівневого синтезу компактних хвильовідно-пластинчастих ОМП та секцій ДФЗ. Метод застосований для синтезу компактного ОМП з максимально широкою смугою частот за КСХН та секції ДФЗ 90° з завданням відхилення ДФЗ в діапазоні частот.

У третьому розділі наведені результати розробки та експериментального дослідження конструкцій хвильовідно-пластинчастих перетворювачів поляризації: компактних ОМП з різними поляризаційними базисами, широкосмугових секцій ДФЗ та пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі, створених з використанням розроблених математичних моделей.

Конструкцію компактного ортомодового перетворювача схематично зображено на рис.4.

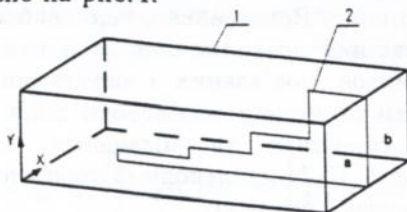


Рис. 4.

Пристрій реалізовано на базі квадратного хвилеводу 1, в площині симетрії якого розміщена тонка металічна ступінчаста пластина 2. Робота пристрою пояснена з урахуванням ефекту поступового повороту площини поляризації електромагнітної хвилі, що поширюється вздовж хвилевода із ступінчастою продольно-нерегулярною пластиною (за рахунок зміни конфігурації поперечних компонент поля), та наявності диференційного фазового зсуву (еліптичності ОМП), що вноситься між ортогональними компонентами поля, поляризованими в площині пластини та в ортогональній площині.

Розроблена конструкція компактного ОМП, розрахованого на роботу в діапазоні частот 3.5...4.5 ГГц. ОМП забезпечує КСХН на рівні 1,2 та розв'язку не гірше 30дБ у смузі частот 25 %. Еліптичність ОМП на середній частоті діапазону 75°. Габаритні розміри пристрою 0.65×0.65×0.9 середньої довжини хвилі.

Встановлено, що за умов використання різних дисперсійних властивостей різних типів хвиль, що можуть поширюватися вздовж хвилеводу із ступінчастою пластиною, можливе створення компактних ОМП з різними поляризаційними базисами у робочих смугах частот. Так, сворено зразок компактного ОМП з круговим базисом, що працює в діапазоні частот 9.3...10.6 ГГц (еліптичність $90^{\circ} \pm 6^{\circ}$) та зразок компактного ОМП з еліптичністю 110° , що працює в діапазоні частот 10.8...11.9 ГГц. Усі зразки багатомодових ОМП забезпечують КСХН на рівні 1,2 та розв'язку не гірше 28дБ.

Наведена оригінальна система класифікації компактних ОМП за модовим складом, що базується на графічному представленні їх робочих діапазонів частот у просторі критичних чисел П-хвилеводів з тонкими гребенями різної висоти.

З використанням розроблених математичних моделей запропоновано і розроблено новий компактний ортомодовий перетворювач з круговим базисом (схематично зображений на рис.5), що відрізняється наявністю елемента додаткового диференційного фазового зсуву (ДФЗ) 3 у вигляді гребінчастої структури. Диференційну фазову характеристику елемента ДФЗ обрано таким чином, щоб компенсувати дисперсійне відхилення ДФЗ пластини і досягти стабільності еліптичності ОМП в робочому діапазоні частот. Для зменшення довжини такого ОМП з фазовим компенсуванням елемент ДФЗ та ступінчаста пластина об'єднано в єдиний компактний пристрій.

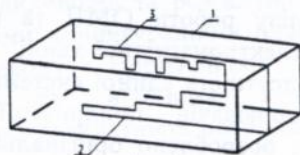


Рис.5

Розроблено конструкцію і створено зразок такого компактного ОМП з фазовою компенсацією, що забезпечує еліптичність $90^\circ \pm 5^\circ$, КСХН на рівні 1,25 та розв'язку не гірше 35дБ в діапазоні частот 3.7...4.5 ГГц. Габаритні розміри пристрою $0.6 \times 0.6 \times 0.9$ середньої довжини хвилі.

З використанням створених математичних моделей також розроблена хвилевідно-пластинчаста секція ДФЗ, конструкцію якої схематично зображено на рис. 6.

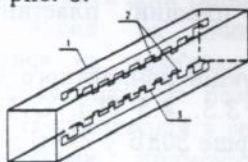


Рис. 6.

У квадратному хвилеводі 1 розміщені елементи ДФЗ 2 у вигляді гребінчастих структур з металічною підставкою 3. Розроблений макет секції ДФЗ забезпечує значення ДФЗ $90^\circ \pm 2^\circ$ у діапазоні частот 10%.

Запропоновані та розроблені з використанням створених математичних моделей нові пристрої для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі, схематичне зображення яких наведено на рис.7 та рис.8.

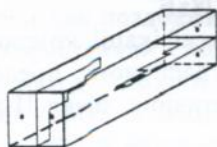


Рис. 7

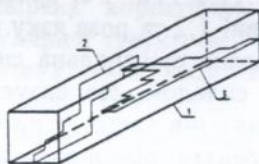


Рис. 8

На рис.7 зображено пристрій для двохканального повороту площини поляризації електромагнітних хвиль на 90° . На рис.8. зображено пристрій для обертання площини поляризації. Пристрої працюють за принципом незалежного від частоти просторового обертання площини поляризації електромагнітної хвилі, що поширюється вздовж поздовжньо-нерегулярної ступінчастої пластини.

З метою якісного аналізу перетворень в хвилевідно-пластинчастих перетворювачах поляризації використано універсальний метод ідеалізованих поляризаційних матриць. Зокрема, його використано для аналізу роботи ОМП та пристроїв для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі.

Враховуючи відсутність єдиної системи параметрів хвилевідно-пластинчастих перетворювачів поляризації та стандартизованих засобів їх визначення, розроблено оригінальну методику вимірювань основних характеристик таких пристроїв.

Третя частина ілюстрована фотографіями, на яких зображено розроблені хвилевідно-пластинчасті пристрої та експериментальні макети.

У заключній частині сформульовані основні результати дисертації та зроблені висновки про можливі сфери їхнього застосування.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Здобуті нові розв'язки задач поширення хвиль в П- та несиметричних Н-хвилеводах з тонкими пластинами, що спрощують визначення критичних чисел та підвищують точність їх розрахунку. Особливістю цих розв'язків є вдале поєднання двох запропонованих та розроблених альтернативних формулювань інтегральних рівнянь: відносно компонент електричного поля в зазорі між гребенями та відносно компонент магнітного поля на гребенях. В результаті досягнуто можливості двохсторонніх оцінок для критичних чисел П-, Н-хвилеводів з тонкими гребенями. Досліджені залежності точності та збіжності результатів від конфігурації пластини. Встановлено, що модель зазора краще використовувати для П-, Н-хвилеводів з малими зазорами, а модель гребеня - для хвилеводів з малими гребенями. Такий вибір моделей дозволяє зменшити затрати машинного часу на вирішення задач для власних хвиль хвилеводів з тонкими пластинами.

2. Розв'язані задачі дифракції хвиль на неоднорідностях, що містяться у хвилевідно-пластинчастих перетворювачах поляризації на основі прямокутних хвилеводів з тонкими поздовжніми металічними пластинами в площині симетрії. Одержані вирази для коефіцієнтів зв'язку власних векторних функцій, елементів узагальнених матриць розсіювання стиків хвилеводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвилеводів та розгалуженого хвилеводу; двох П-, Н-хвилеводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвилеводів та прямокутного хвилеводу.

3. На основі створених електродинамічних моделей розроблені алгоритми та програми для аналізу поздовжньо-нерегулярних структур на основі прямокутного хвилеводу з тонкими металічними пластинами в площині симетрії хвилеводу.

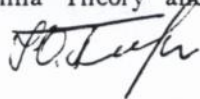
4. За допомогою створеного комплексу програм проведені числові дослідження власних хвиль П-, Н-хвилеводів з тонкими гребенями та дифракції хвиль на стиках хвилеводів з тонкими пластинами: П-, Н-хвилеводів та розгалуженого хвилеводу; двох П-, Н-хвилеводів з різними конфігураціями пластин; П-, Н-хвилеводів та прямокутного хвилеводу. Порівнянням числових результатів з експериментальними та відомими з опублікованих джерел підтверджені точність і адекватність розроблених моделей.

5. Розроблений метод синтезу хвилевідно-пластинчастих ОМП та секцій ДФЗ, що заснований на одержаних розв'язках електродинамічних задач для поздовжньо нерегулярної структури.

6. Запропоновані та синтезовані нові пристрої поляризаційної обробки сигналів на основі хвилевідних поздовжньо-нерегулярних структур з тонкими металічними пластинами. Серед них: компактні ОМП з різними поляризаційними базами, широкосмугові секції ДФЗ та пристрої для повороту площини поляризації електромагнітної хвилі. Досвід розробки та впровадження цих пристроїв вказує на їх конкурентноздатність на світовому ринку, обумовлену унікальними електродинамічними характеристиками і технологічністю. Розроблені пристрої можуть знайти широке застосування у радіотехнічних системах різного призначення: системах безпосереднього супутникового телебачення, системах супутникового та радіорелейного зв'язку, РЛС спеціального призначення.

СПИСОК РОБІТ, ЩО БУЛИ ОПУБЛІКОВАНІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дубровка Ф.Ф., Петрушевский Ю.В. Ортомодовый преобразователь. Заявка России № 92007711/09 (053302).- 1992.
2. Дубровка Ф.Ф., Петрушевский Ю.В. Ортомодовий перетворювач. Заявка України №93030285 (B3100172).- 1993.
3. Дубровка Ф.Ф., Петрушевский Ю.В. Бездисперсійний перетворювач поляризації. Заявка України №B4602351.- 1994.
4. Дубровка Ф.Ф., Петрушевский Ю.В. Спектральный критерий периодичности // Изв. ВУЗов Радиоэлектроника.-1993.- Т.36, №8.-С. 62-67.
5. Дубровка Ф.Ф., Петрушевский Ю.В. Решение краевых задач для собственных волн П-волновода с бесконечно тонким гребнем // Изв. ВУЗов Радиоэлектроника.-1994.-Т.37, №10.-С. 39-47.
6. Дубровка Ф.Ф., Петрушевский Ю.В. Компактный антенный модуль для прийому ортогонально поляризованих сигналів // Харків, МКТТА.-1995.-С.50
7. Dubrovka F.F., Petrushevsky Yu.V. Analysis of irregular rectangular waveguide structure with arbitrary shaped central septum // Proc URSI Int. Cofr. on EM Theory, Kharkov.-1994.- P. 87-90.
8. Dubrovka F.F., Petrushevsky Yu.V. Optimal double level synthesis of wideband waveguide septum OMT and ridged polarizers and rotators // Proc URSI Int. Symp. on EM Theory, St.Petersburg.-1995.- P. 376-378.
9. Dubrovka F.F., Petrushevsky Yu.V. Dual polarized compact antenna module // Proc Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques ICATT'95, Kharkov.-1995.-P. 55.



Петрушевский Ю. В. **Компактные волноводно-пластинчатые преобразователи поляризации**, рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07. - "Антенны и устройства микроволновой техники", Национальный технический университет Украины "КПИ", г. Киев, 1996.

Разработаны математические модели, программное обеспечение, методики проектирования и конструкции, проведены численные и экспериментальные исследования компактных ортомодовых преобразователей с различными поляризационными базами, широкополосных секций дифференциального фазового сдвига и устройств для поворота плоскости поляризации электромагнитной волны на основе прямоугольных волноводов с тонкими металлическими пластинами в плоскостях симметрии.

Устройства отличаются высокой компактностью (по форме и размерам поперечных сечений), широкополосностью, технологичностью, высоким уровнем поляризационной развязки и малыми потерями.

Разработанные компактные волноводно-пластинчатые преобразователи поляризации, ориентированы для работы в составе поляризационно-адаптивных радиотехнических систем различного назначения, в частности в антенных решетках с поляризационной обработкой сигналов.

Yury V. Petrushevsky **Compact septum polarization converters**, manuscript.
Ph.D. thesis. Speciality - 05.12.07 Antennas and microwave devices,
National Technical University of Ukraine "KPI", Kyiv, 1996.

The complete electrodynamic analysis of irregular rectangular waveguide structure with arbitrary shaped infinitely thin metal central septum is presented. The solution of ridged waveguide eigenvalue problem is obtained by two original integral formulations, which provide bilateral (upper and lower) approximations for cut-off frequencies of the ridged waveguide structures: 1) in terms of electric field in the gap; 2) in terms of magnetic field on the ridges. The solution of discontinuity problem is obtained by solving of an integral equation for each discontinuity type to determine generalized scattering matrices of the discontinuities and overall generalized scattering matrix of the structure. An effective method of double-level synthesis of the septum polarization converters has also been developed.

Results of an application of the developed electrodynamic models for analysis and synthesis of extremely compact wideband septum OMT, ridged polarizers and original polarisation rotators are given. It is shown that predicted and measured characteristics of synthesized components are in good agreement.

Ключові слова: хвилевдно-пластинчастий перетворювач поляризації, ортомодовий перетворювач (ОМП), секція ДФЗ, обертач площини поляризації.

436722

AB 36.010

AB 36.010