

НАПІВЕЛІПТИЧНИЙ ШИРОКОСМУГОВИЙ ФАЗОЗСУВАЧ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

Анотація

Проаналізований нова мікросмужкова структура напівеліптичного широкосмугового фазозсувача на основі кромкоподібної структури.

Ключові слова: фазозсувач, фазована антенна решітка, кромкоподібний, напівеліптичний.

Abstract

A new microstrip structure of a semi-elliptical broadband phase shifter based on an edge-coupled structure is analyzed

Keywords: phase shifter, phased array antenna, edge-coupled, semi-elliptical.

Вступ

Фазозсувачі часто використовуються в багатьох сучасних мікрохвильових системах таких як фазовані антенні решітки (ФАР) із електронним скануванням променів, модулятори, системи мікрохвильового вимірювання та інструментальні системи та багато інших промислових застосувань. Крім постійного фазового зсуву, інші важливі параметри, які потрібно досягти, серед них є низькі втрати, низькі амплітуда і фазова пульсація та компактні розміри.

Основний недолік використання крайового впливу секцій в чверть довжину хвилі є екстремальна товщина впливу, що для цього необхідна досягти бажаного виконання. Це вимагає вузьку ширину простору, що дуже важко виготовити та відтворити. Деякі дослідники запропонували використовувати каскадні взаємні з'єднувальні секції [1, 2]. У роботі [2] модель складається з каскадно з'єднаних пар ліній різної довжини та коефіцієнта зв'язку, і кожна з них з'єднана на одному кінці. Для 4-елементної конструкції досягається гарна пульсація фаз у широкій смузі. Фазозсувач здатний працювати при менших коефіцієнтах зв'язку. Однак вимога великої кількості з'єднаних парних ліній збільшує розмір конструкції. Подвійний паралельний фазовий зсув Шифмана, введений в [1], здатний досягти еквівалентної фазової реакції, як стандартний фазовий зсув Шифмана при слабшому коефіцієнті зв'язку. Однак модель показує великі коливання фаз поблизу нижнього та верхнього частотного діапазону, таким чином вказуючи на вузькосмугову продуктивність. Тому у результаті аналізу [6-14] було обрано еліптичну модель широкосмугових фазообертачів.

Метою роботи є створення моделі напівеліптичного широкосмугового фазозсувача та аналіз його характеристик за рахунок фазового зсуву та втрат.

Результати дослідження

Дефектна структура основи останнім часом широко застосовується в конструкції мікрохвильових схем [3-4]. У цьому тезисі крайова зв'язку напівеліптичної структури з еліптичною площиною з дефектом використовується для побудови фазового зсуву, як показано на рис. 1. Коефіцієнт з'єднання конструкції можна збільшити, ввівши діафрагму у площину основи. Використання еліптичної структура забезпечує майже постійний коефіцієнт зв'язку у більш широкій смузі пропускання.

Розмір основної осі D_y напівеліптичної накладки, дорівнює чверті довжини хвилі на центральній частоті:

$$D_y = \frac{\lambda}{4}$$

Оптимальне відношення D_x/D_y та ширина зазору між напівеліптичними пластинами незначно змінюються залежно від бажаної центральної частоти f_c та необхідної кількості зсуву фази.

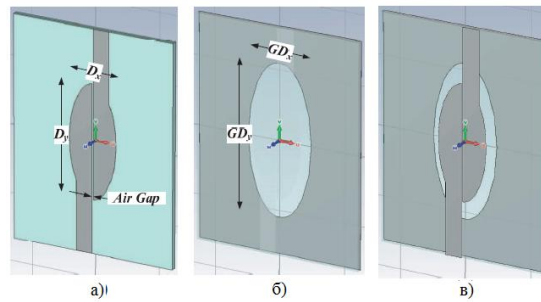


Рис. 1. Конфігурація фазозсувача

Фазозсувач моделюється як пристрій із чотирма портами, де два його порти відкритого типу. Порт 1 та порт 2 – є вхідними та вихідними порами. Продуктивність захищена від вставних втрат, втрат повернення та відхилення диференціального фазового зсуву.

Програма CST Microwave Studio використовується для аналізу продуктивності фазозсувача. Діелектрична вставка з $\epsilon=2.2$ та товщиною 1.575 основи. Диференційний фазовий зсув двостороннього фази може бути відрегульована шляхом зміни зазору між двома напівеліптичними пластинами.

На рис. 2 показано залежність диференціального зсув фази від частоти для різної ширини зазорів. Спостерігається, що зсув фази збільшується зі збільшенням зазору ширини (зменшення коефіцієнта зв'язку).

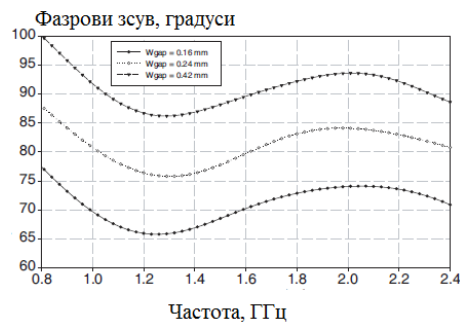


Рис. 2. Залежність фазового зсуву від частоти

Результати моделювання втрати вставки та втрати повернення запропонованого зсуву фаз показано на рис. 3. З рис. Бачимо, що більші втрати віддачі та менші втрати вставки досягаються при меншій ширині зазору, а пропускна здатність фазозсувача погіршується у міру збільшення ширини зазору. Це пояснюється тим, що коефіцієнт з'єднання структури, пов'язаної з краєм, значною мірою залежить від ширини зазору між сполученими лініями. Більш високий коефіцієнт з'єднання досягається при меншій ширині зазору, що призводить до поліпшення продуктивності фазозсувача.

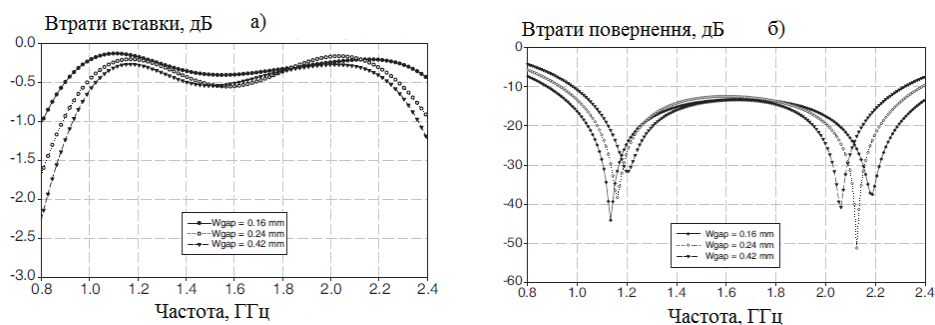


Рис. 3. Залежність втрат вставки та повернення від частоти

На рис. 4 наведені залежності відношення на центральній частоті та ширини зазору на центральній частоті для різних значень фазового зсуву.

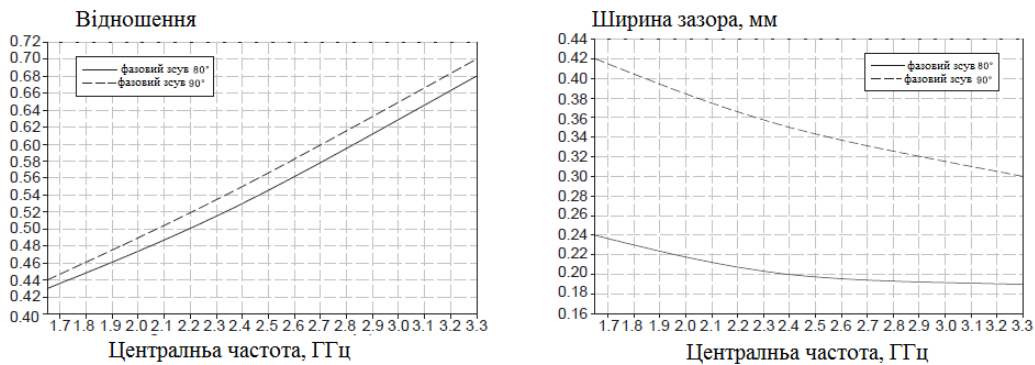


Рис. 4. Залежність відношення та ширини зазору від центральної частоти для зсувів фази 80° та 90°

Отже, зазвичай більша ширина зазору потрібна для більш високого зсуву фази.

Висновки

Таким чином, нова розглянута мікросмушкова структура для реалізації широкопasmового фазового зсуву у вигляді напівеліптичної кромкоподібної структури у верхньому шарі та еліптичну площину основи з дефектною основою в нижньому шарі. Ця структура проста, компактна, має низьку вартість і проста у виготовленні. Результати моделювання показують, що запропонований фазовий зсув має відхилення фази краще ніж $\pm 4^\circ$, втрати повернення краще, ніж 10 дБ, і втрати вставки, що перевищують 0.6 дБ, для обох фазозсувачів із фазами $\pm 80^\circ$ та $\pm 90^\circ$ в діапазон від 0.95 ГГц до 2.35 ГГц, а пропускну здатність більше 2.3: 1 досягається за допомогою запропонованої конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Guo Y. Improved wideband Shiffman phase shifter / Y. Guo, Z. Zhang, L. Ong // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2006. – Vol. 54, No. 3. – pp. 1196-1200. DOI: 10.1109/22.293522.
2. Meschanov V. Improved wideband Shiffman phase shifter / V. Meschanov, I. Metelnikova, V. Tupikin, G. Gumaevskaya // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1994. – Vol. 42, No. 5. – pp. 762-765. DOI: 10.1109/TMTT.2005.864105.
3. Minnaar F. A novel ultrawideband microwave differential phase shifter / Y. Guo, Z. Zhang, L. Ong // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1997. – Vol. 45, No. 8. – pp. 1249-1252. DOI: 10.1109/22.618415.
4. Abbosh A. Design of compact directional couplers for UWB applications / A. Abbosh, M. Bialkowski // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2007. – Vol. 55, No. 2. – pp. 189-194. DOI: 10.1109/TMTT.2006.889150.
5. Булашенко. А.В. Принципи формування променя інтелектуальних антен / А.В. Булашенко // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2010. – №1. – С. 111-120.
6. Булашенко А. В. Багатопробленеві антенні решітки на основі лінз Ротмана / А.В. Булашенко// Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. – 2010– № 42. – С. 178-186. doi: 10.20535/RADAP.2010.42.178-186.
7. Булашенко А.В. Модифікований алгоритм для цифрового формування діаграми спрямованості антенних решіток / А.В. Булашенко// 5-а Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікації РТ-2009», 20-25 квітня 2009р, Севастополь, Україна. – с. 167.
6. Булашенко А.В. Вибір типу опромінювачів ФАР / А. В. Булашенко // Науково-методична конференція викладачів, співробітників і студентів: тези доповідей, 23 квітня 2009 року / Відп. за вип. Т.М. Гричановська. - Суми : СумДУ, 2009. - Ч.1. - С. 58-60.
7. Guo L. Wideband phase shifter with wide phase range using parallel coupled lines and L-shaped networks / L. Guo, H. Zhu, A. Abbosh // IEEE Microwave and Wireless Components Letters. – 2016.– Vol. 26, No. 8. – pp. 592-594. DOI: 10.1109/LMWC.2016.2587833

8. Мосьондз І.О. Хвилевідний ортомодовий перетворювач / І.О. Мосьондз, С.І. Пільтяй // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 90–91.

9. Piltyay S. I. High performance extended C-band 3.4–4.8 GHz dual circular polarization feed system / S. I. Piltyay // Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques, pp. 284–287, May 2017.

10. Piltyay S. I. Enhanced C-band coaxial orthomode transducer / S. I. Piltyay // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2014. – № 57. – С. 35–42.

11. Пільтяй С.І. Інтегрований хвилевідний фазозсувач на основі індуктивних штирів / С.І. Пільтяй, А.В. Булашенко // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 82–83.

12. Булашенко А.В. Мікрохвильовий фазозсувач із коефіцієнтом перекриття за частотою 3:1 / А.В. Булашенко, С.І. Пільтяй // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 86–87.

13. Пільтяй С.І. Широкопasmовий фазозсувач, навантажений закороченою лінією Т-подібної форми / С.І. Пільтяй, А.В. Булашенко // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 100–101.

14. Булашенко А.В. Адаптивні цифрові антенні решітки / А. В. Булашенко // Науково-методична конференція викладачів, співробітників і студентів : тези доповідей, 23 квітня 2009 року / Відп. за вип. Т.М. Гричановська. - Суми : СумДУ, 2009. - Ч.1. - С. 44-45.

Мосьондз Ірина Олегівна — студент групи РС-п81, радіотехнічного факультету, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ;

Пільтяй Степан Іванович — канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичних основ радіотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ;

Булашенко Андрій Васильович — ст. викл. кафедри теоретичних основ радіотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ.

Mosyondz Irina O. — Department of Radio Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;

Piltyay Stepan I. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the chair of theoretical foundations of radio engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;

Bulashenko Andrew V. — senior lecture of the chair of theoretical foundations of radio engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv.