

ВРАХУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗВ'ЯЗКУ В ЕКВІВАЛЕНТНІЙ СХЕМІ МІКРОСМУЖКО-ЩІЛИННОГО ПЕРЕХОДУ

Ткаченко К. О. аспірант, Дубровка Ф. Ф. д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

При побудові мікрохвильових трактів часто виникає необхідність з'єднання двох типів ліній передачі. Тому існує багато видів переходів між різними лініями передачі і серед них – ультраширококутний планарний мікросмушко-щілинний перехід. Глибокий теоретичний аналіз та порівняння результатів вимірів з реальними моделями представлено в роботі [1]. Проте в теоретичній частині залишилось не розглянутим питання впливу електромагнітного зв'язку між лініями передачі, розташованими перпендикулярно, на характеристики мікросмушко-щілинного переходу.

При теоретичному моделюванні в [1] використано нормовані входні опори шлейфів короткого замикання та холостого ходу відносно хвильового опору ліній зв'язку Z_0 . На рис.1 наведено еквівалентну схему переходу, з якої отримано формулу(1).

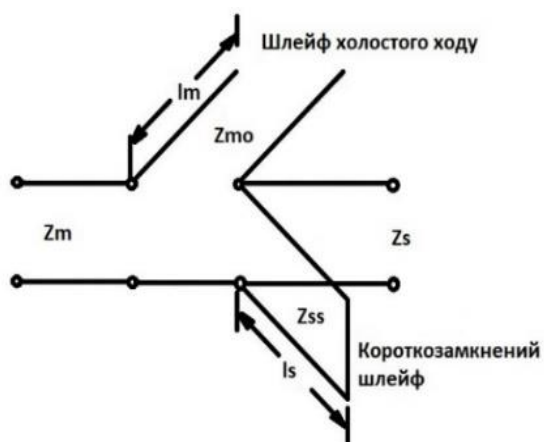


Рис.1 Схема заміння мікросмушко-щілинного переходу

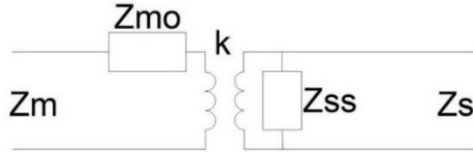
Показано, що у випадку відношення нормованих опорів шлейфів, рівним 2.618, смуга робочих частот за коефіцієнтом передачі по рівню -0.97 дБ в 1.2 — 1.3 рази більша при чвертьхвильових шлейфах у порівнянні з випадком безпосереднього гальванічного контакту мікросмушкової лінії передачі з щілинною(відсутній шлейф холостого ходу мікросмушкової лінії). Теоретичні результати в [1] отримані за формулою:

$$|S_{21}| = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{1}{wv}\right)^2 \frac{\text{ctg}^4(\beta l)}{4} + \left(\frac{1}{w} - \frac{1}{v}\right)^2 \frac{\text{ctg}^2(\beta l)}{4}}} \quad (1)$$

$$w = \frac{Z_0}{Z_{xx}}, \quad v = \frac{Z_{K3}}{Z_0}$$

де w – нормований хвильовий опір шлейфа холостого ходу, v – нормований хвильовий опір шлейфа короткого замикання, Z_0 – хвильовий опір лінії передачі, Z_{xx} – хвильовий опір шлейфу холостого ходу, Z_{K3} – хвильовий опір шлейфу короткого замикання, l – довжина шлейфа, β – фазовий зсув.

Із рис.1 та формули (1) випливає той факт, що теоретичні моделі не враховують електромагнітного зв'язку, який виникає в області перетину двох ліній передачі. На рис.2 представлено еквівалентну схему, яка містить ідеальний трансформаторний зв'язок без втрат між мікросмушковою та щілинною лінією передачі. Матрицю S-параметрів такої схеми можна вважати унітарною [2].



Формула для визначення коефіцієнта передачі з урахуванням електромагнітного зв'язку, згідно з еквівалентною схемою рис.2, наступна

Рис.2 Еквівалентна схема переходу мікросмушко-щілинна лінія передачі з магнітним зв'язком

$$|S_{21}| = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2k}\right)^2 + \left(\frac{\text{ctg}^2(\beta l)}{2wvk} - \frac{k}{2}\right)^2 + \left(\left(\frac{1}{kw}\right)^2 - \left(\frac{1}{kv}\right)^2\right) \frac{\text{ctg}^2(\beta l)}{4}}}$$

де k – коефіцієнт зв'язку або коефіцієнт трансформації.

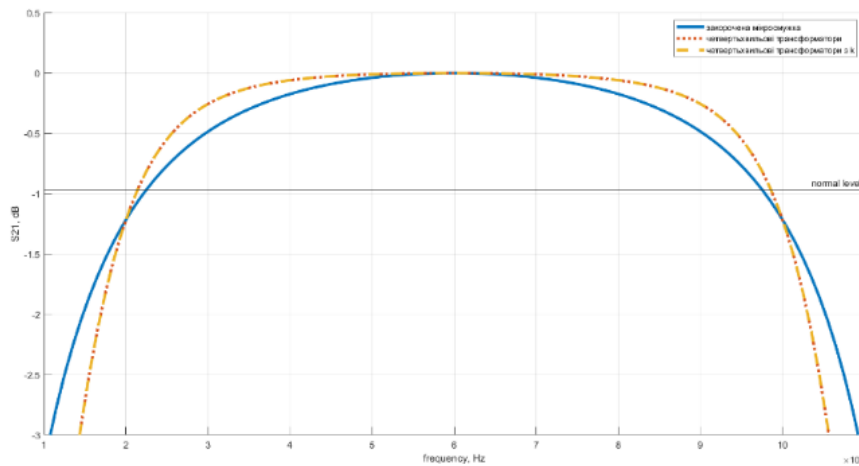


Рис.3 Графіки залежності коефіцієнта передачі від частоти для реалізацій мікросмушко-щілинного переходу при закороченій мікросмушці, четвертьхвильових трансформаторах та з врахуванням електромагнітного зв'язку

На рис.3 наведено графіки, розраховані для центральної частоти 6 ГГц, довжин шлейфів $\lambda/4$ та $k=1$. Видно, що при коефіцієнті зв'язку, рівним 1, графік коефіцієнта передачі повністю співпадає з випадком четвертьхвильових шлейфів формули (1).

В реальних умовах k не дорівнює одиниці, тому обчислимо та побудуємо графіки залежності коефіцієнта передачі переходу від частоти при різних значеннях коефіцієнта зв'язку, рис.4. В табл.1 для вибраних значень коефіцієнта зв'язку наведено відповідні їм ширини смуги частот.

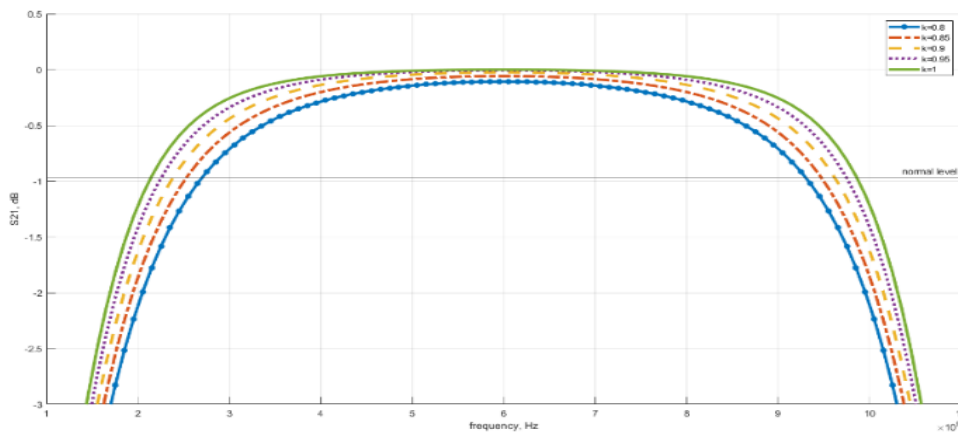


Рис.4 Графіки залежності коефіцієнту передачі від частоти при різних значеннях коефіцієнту зв'язку

Табл.1 залежність ширини робочої смуги частот від k

| k | Смуга |
|------|--------|
| 0.8 | 3.45:1 |
| 0.85 | 3.74:1 |
| 0.9 | 4.04:1 |
| 0.95 | 4.33:1 |
| 1 | 4.6:1 |

Табл.1 показує, що зменшення k призводить до звуження робочої смуги частот за рівнем -0.97 дБ. Значення реального коефіцієнта зв'язку можна отримати при електродинамічному моделюванні переходу.

Таким чином, в роботі наведено еквівалентну схему та отримано формулу, які враховують електромагнітний зв'язок в мікросмушко-щілинному переході. Показано, що зменшення коефіцієнта зв'язку призводить до звуження смуги частот.

Перелік посилань

1. В. Schuppert, "Microstrip/slotline transitions: Modeling and experimental investigation", pp. 1272-1282, Aug. 1988.
2. Сазонов Д.М. «Антенны и устройства СВЧ», учеб. Для радиотехнич. Спец. Вузов,- Москва, Вышк. шк., 1998 – 432 с.

Анотація

В роботі наведено еквівалентну схему та отримано формулу для врахування електромагнітного зв'язку в мікросмушко-щілинному переході. Проілюстровано вплив коефіцієнта електромагнітного зв'язку на широкосмуговість такого переходу.

Ключові слова: Мікросмушко-щілинний перехід, електромагнітний зв'язок, коефіцієнт передачі, коефіцієнт зв'язку

Abstract

In the paper is presented an equivalent scheme and a formula for taking into account the electromagnetic coupling in microstrip-slotline transition is obtained. The influence of the electromagnetic coupling coefficient on the broadband of such a transition is illustrated.

Keywords: microstrip-slotline transition, electromagnetic coupling, transmission coefficient, turn ratio