

УДК 621.396

В.М. Бакуменко, С.В. Петров

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

МІКРОХВИЛЬОВЕ ГІБРИДНЕ КІЛЬЦЕ

Проведено аналіз мікрохвильового гібридного кільця, показані обмеження, викликані особливостями його конструкції, запропонована методика їх усунення з метою симетрування кільця відносно його входів. Досягнуто узгодження кільця включенням на його вході розімкненого шлейфа. Проведене дослідження коефіцієнта стоячої хвилі по напрузі кільця, приведені результати розрахунків в діапазоні довжин хвиль 2:1.

Ключові слова: гібридне кільце, мікрохвильовий діапазон, смуговий фільтр, шлейф.

Вступ

Постановка проблеми й аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] розглянуто модифіковане гібридне кільце (рис. 1), застосування в якому в плечі 2 – 4 відрізка лінії, зашунтованого на кінцях короткозамкненими шлейфами повинно було призвести до електричної симетрії відносно лінії, яка проходить через входи 1 – 4, з метою покращення розв'язки між цими входами. Але конструктивна особливість смугового фільтра, ввімкненого в плече 4-3 порушує симетрію, і покращення розв'язки виявляється недосить значним. Так при скороченні довжини фільтра на 20% розв'язка складає 25 дБ порівняно з 22 дБ для немодифікованого кільця.

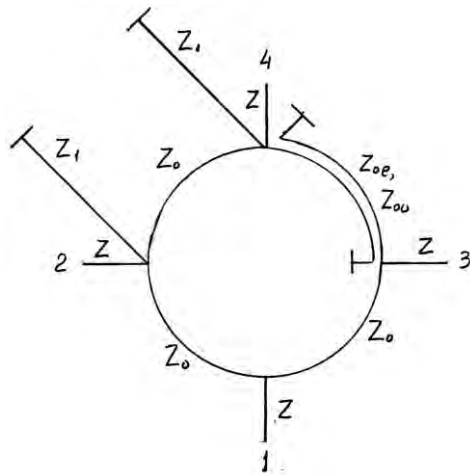


Рис. 1. Модифіковане гібридне кільце

З метою покращення розв'язки між входами 1 і 4 в роботі [2] було запропоноване гібридне кільце, яке відрізняється від попереднього тим, що плече 2 – 4 виконано з трьох відрізків ліній передач: центрального, зашунтованого на кінцях короткозамкненими шлейфами, і двох кінцевих, при чому довжина центрального відрізка, а також довжини шлейфів дорівнюють довжині смугового фільтра, а кінцеві відрізки виконуються тієї ж довжини і того ж хвильового опору, що і відрізки на краях смугового фільтра. Така конструкція призводить до відновлення електричної симетрії відносно лінії, яка проходить

через входи 1 – 4, і покращення розв'язки, яка на краях діапазону робочих частот залишається такою ж, як і всередині діапазону. Недоліком даної конструкції являється погіршення узгодження з боку лінії передачі 4, яка підключена до місця з'єднання смугового фільтра і відрізка лінії передачі, зашунтованого на кінцях короткозамкненими шлейфами.

Формулювання мети статті. З метою покращення узгодження з боку вказаної лінії нами в подальшому була запропонована конструкція [3], яка відрізняється від попередньої тим, що між місцем з'єднання смугового фільтра і відрізка лінії передачі, зашунтованого на кінцях короткозамкненими шлейфами і лінією передачі 4 був послідовно ввімкнений розімкнений шлейф.

Виклад основного матеріалу

Гібридний кільцевий міст виконано в смуговій лінії передачі (рис. 2), де 1, 4 – входи моста; 2, 3 – виходи моста; 5 – смуговий фільтр довжиною L_{34} , який закінчується заземлювальними стовпчиками 6, конструктивні відрізки ліній передач 7 і 8 довжиною ΔL_{34} і хвильовим опором Z_{ϕ} , призначені для ізоляції заземлювальних стовпчиків; 9 – відрізок лінії передачі довжиною L_{24} , зашунтований короткозамкненими шлейфами 10 з довжиною L_{κ} , при чому $L_{34} = L_{24} = L_{\kappa}$; 11 і 12 – конструктивні відрізки ліній передач ΔL_{24} , хвильовий опір і довжина яких такі ж як і для відрізків 7 і 8 ($Z_{24} = Z_{34}$, $\Delta L_{24} = \Delta L_{34}$) .. і, нарешті, 13 – розімкнений шлейф з хвильовим опором Z_p і довжиною L_p . Для оцінки узгодження з боку входу 4 нами було проведено розрахунок коефіцієнта стоячої хвилі по напрузі (КСХН) в діапазоні довжин хвиль (2:1) за допомогою моделі приведеної на рис. 3? а, елементи якої є: $[T_{(c10)}]$ матриця стрибка від опору Z до опору Z_0 , $[T_{(c10)}^{-1}]$ – зворотна до $[T_{(c10)}]$ матриця, $[T_{(12)}], [T_{(13)}]$ – відповідно, матриці передачі плечей 1-2, і 1-3, а $[T_{(2)}]$ і $[T_{(3)}]$ – відповідно, матриці передачі навантажень з боку ліній 2 і 3. Формула для матриці $[T_{(34)}]$ знаходилась з моделі, приведеної на рис. 4 [1]:

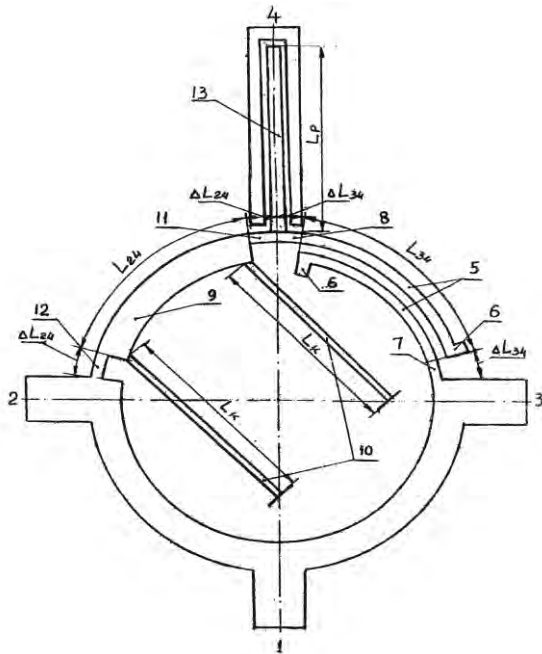


Рис. 2. Гібридний кільцевий міст

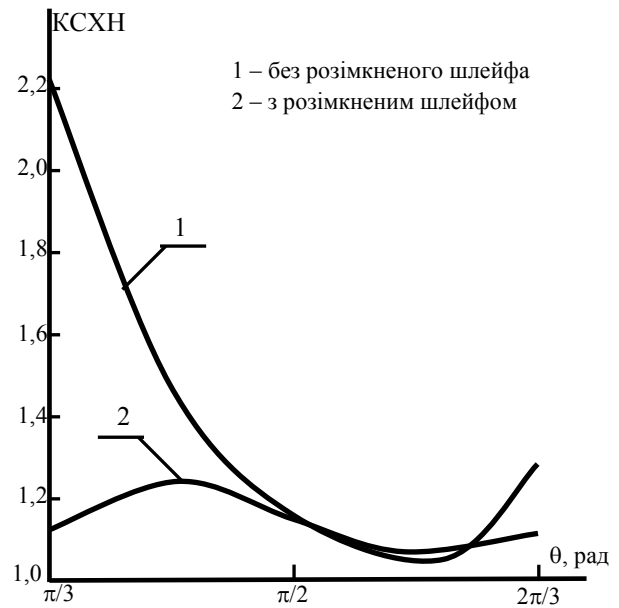


Рис. 4. Графіки залежності коефіцієнта стоячої хвилі по напрuzzi від фазового кута θ

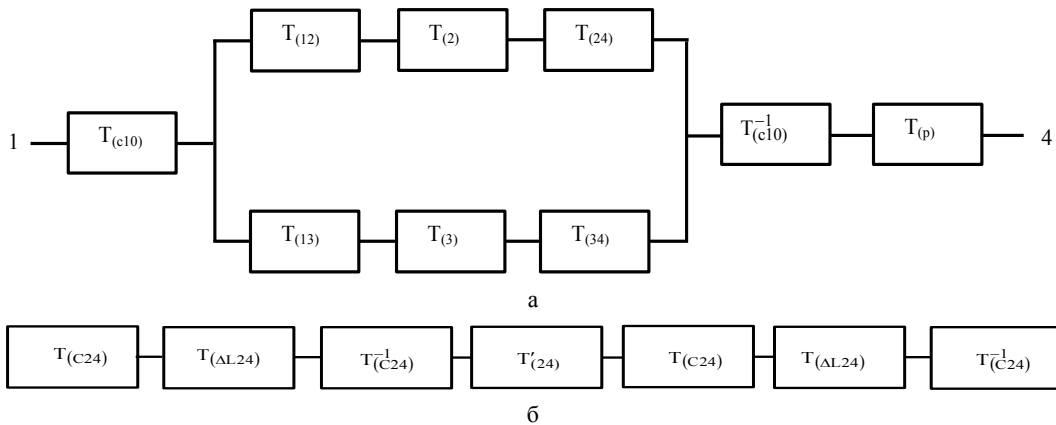


Рис. 3. Модель для розрахунку коефіцієнта стоячої хвилі по напрuzzi

$$[T_{(34)}] = [T_{(c34)}] \cdot [T_{(\Delta L_{34})}] \cdot [T_{(c34)}^{-1}] \cdot [T'_{(\phi)}] \cdot [T_{(c34)}] \times \\ \times [T_{(\Delta L_{34})}] \cdot [T_{(c34)}^{-1}],$$

а матриця $[T_{(24)}]$ визначалась з моделі, приведеній на рис. 3, б:

$$[T_{(24)}] = [T_{(c24)}] \cdot [T_{(\Delta L_{24})}] \cdot [T_{(c24)}^{-1}] \cdot [T'_{(24)}] \cdot [T_{(c24)}] \times \\ \times [T_{(\Delta L_{24})}] \cdot [T_{(c24)}^{-1}],$$

де $[T_{(c24)}]$ – матриця стрибка опорів від опору Z_0 до $Z_{\Delta L_{24}}$ – опору відрізка лінії ΔL_{24} ; $[T_{(\Delta L_{24})}]$ – матриця передачі відрізка лінії ΔL_{24} ; $[T_{(c24)}^{-1}]$ – матриця, зворотна до $[T_{(c24)}]$; $[T'_{(24)}]$ – матриця передачі відрізка лінії довжиною L'_{24} , де $L'_{24} = L_{24}(1 - 2\Delta L_{24}/L_{24})$;

І, нарешті, матриця передачі розімкненого шлейфа $[T_{(p)}]$ визначалась відповідно з роботою [4]:

$$[T_{(p)}] = \begin{bmatrix} 2 + \alpha & -\alpha \\ \alpha & 2 - \alpha \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де $\alpha = j \frac{Z_p}{Z} \operatorname{ctg} \theta$, Z_p – хвильовий опір розімкненого шлейфа; $\theta = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ – довжина хвилі випромінювання.

Після визначення $[T_{(14)}]$ – матриці передачі від входу 1 до входу 4 визначаємо коефіцієнт стоячої хвилі по напрuzzi (КСХН) у вигляді:

$$\text{КСХН} = (1 + |S_{22}|) / (1 - |S_{22}|), \quad (2)$$

де $S_{22} = -\frac{T_{(14)12}}{T_{(14)11}}$ – коефіцієнт відбиття з боку лінії 4.

Найменше значення КСХН у діапазоні частот (2:1) було одержане при $L_p = L_k$ і $Z_p = Z/\sqrt{3}$. Результати розрахунків для кільця з розімкненим шлейфом і без нього в діапазоні довжин хвиль (2:1) наведені на рис. 4, з якого видно, що у відсутності розімкненого шлейфа найбільший КСХН складає 2,22, а з розімкненим шлейфом він не перевищує 1,24.

Висновки

Модифікація гібридного кільця заміною в плечі, суміжному зі смуговим фільтром відрізка лінії передачі таким же, але скороченим на довжину конструктивних відрізків на краях смугового фільтра і замкненим на кінцях короткозамкненими шлейфами такої ж довжини, як і відрізок лінії передачі плеча, призводить до електричної симетрії кільця відносно осі, яка проходить через входи 1 і 4, що робить розв'язку між цими входами частотно незалежною, але при цьому погіршується КСВН входу 4, найбільше значення якого досягає 2,22. Застосування на вході кільця розімкненого шлейфа дозволяє покращити узгодження кільця з боку входу 4 і при цьому КСВН в діапазоні частот (2:1) не перевищує 1,24.

Список літератури

1. Бакуменко В.М., Чебiтько А.Є., Шитоха Т.П. Гібридне кільце НВЧ-діапазону // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2007. – Вип. 150. – С. 112-115.
2. Бакуменко В.М. Гібридний кільцевий міст // Патент України № 14470, заявл. 25.11.2005, опубл. 15.06.2006, Бюл. № 5.
3. Бакуменко В.М. Гібридний кільцевий міст // Патент України № 29984, заявл. 13.07.2007, опубл. 11.02.2008, Бюл. № 3.
4. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. / Справочник по элементам волноводной техники. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 360 с.

Надійшла до редколегії 10.06.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Сахацький, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

МИКРОВОЛНОВОЕ ГИБРИДНОЕ КОЛЬЦО

В.М. Бакуменко, С.В. Петров

Проведен анализ микроволнового гибридного кольца, показаны ограничения, вызванные особенностями его конструкции, предложена методика их устранения с целью симметрирования кольца относительно его входов. Достигнуто согласования кольца включением на его входе разомкнутого шлейфа. Проведено исследование коэффициента стоячей волны по напряжению кольца, приведены результаты расчетов в диапазоне длин волн 2:1.

Ключевые слова: гибридное кольцо, микроволновой диапазон, полосный фильтр, шлейф.

THE MICROWAVE HYBRID RING

V.M. Bakumenko, S.V. Petrov

The analysis of microwave hybrid ring is conducted, limitations, caused the features of his construction, are rotined, the method of their removal is offered with a purpose balancing of ring in relation to his entrances. The concordance of ring is attained including on his entrance of the broken a secret loop. Research of coefficient of standing wave is conducted on tension of ring, the results of calculations are resulted in the range of lengths of waves 2:1.

Keywords: hybrid ring, microwave range, bar filter, loop.