

УДК 621.372.8.049

В.І. Оборжицький

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем**СИНТЕЗ ДВОШЛЕЙФНОГО МОСТА НА БАЗІ СМУЖКОВИХ ЛІНІЙ
ПЕРЕДАЧІ З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ**

© Оборжицький В.І., 2002

Для двошлейфного моста в смужковому виконанні запропоновано метод синтезу його електричних параметрів, який дозволяє врахувати вплив неоднорідностей місць розгалуження ліній.

The method of 3-db branch-stripline coupler synthesis with consideration the influence of T-junction discontinuities is proposed in this paper.

Двошлейфний міст належить до 3-децибельних квадратурних напрямлених відгалужувачів НВЧ, у якого основні лінії передачі з'єднані двома відрізками інших ліній (шлейфами). Місця під'єднання шлейфів при використанні смужкових (симетричних, несиметричних) ліній передачі утворюють Т-подібні паралельні розгалуження. В процесі синтезу таких мостів враховують з припущення ідеальності розгалужень, тобто нехтують впливом неоднорідності місць цих з'єднань, що дозволяє використати для розрахунку електричних параметрів моста (хвильових опорів та нормованих довжин відрізків ліній у його складі) прості співвідношення:

$$Z_{c1} = Z_c, \quad Z_{c2} = Z_c / \sqrt{2}, \quad l_1 / \lambda_1 = l_2 / \lambda_2 = 0.25, \quad (1)$$

де Z_c – хвильовий опір вхідних ліній моста; Z_{c1} – хвильовий опір шлейфів нормованою довжиною l_1 / λ_1 ; Z_{c2} – хвильовий опір відрізків ліній між шлейфами нормованою довжиною l_2 / λ_2 ; λ_1, λ_2 – довжини хвиль у відповідних відрізках (рис. 1, а).

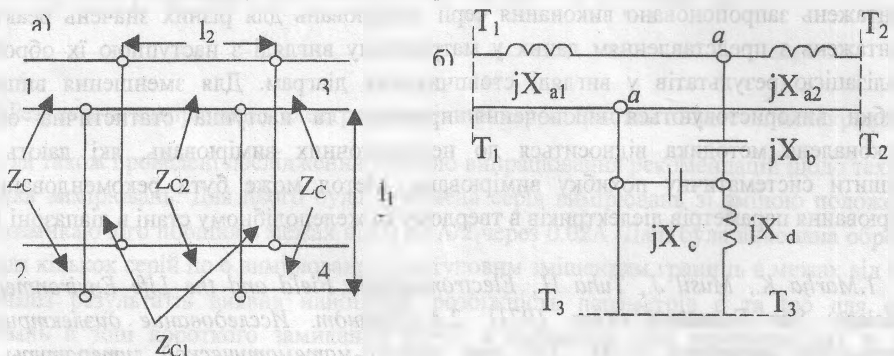


Рис. 1. Будова моста (а) та еквівалентна схема (б) місця розгалуження

Порушення регулярності ліній в місцях розгалуження змінює амплітудно-фазові співвідношення сигналів на його виходах, що зумовлює відхилення характеристик моста від ідеалізованих, тобто передбачених синтезом за (1). В результаті виникає необхідність проведення корекції електричних параметрів моста, ефективність якої можна підвищити, враховуючи під час синтезу параметри неоднорідностей. З цією метою доцільно

скористатись відомим [1] еквівалентним представленням Т-з'єднання смужкових ліній (рис. 1,б), яке з достатньою точністю відтворює властивості такого з'єднання, причому нерівноплечість кожного з трійників враховується реактивними опорами X_{a1} , X_{a2} . Інші варіанти еквівалентних схем можна звести до вказаної шляхом трансформації опорних площин та перерахунку елементів.

Наявність горизонтальної симетрії в будові моста дозволяє використати для визначення його параметрів метод синфазного і протифазного збудження. У цьому випадку міст, як симетричний напрямлений восьмиполюсник, розпадається на два парціальні чотириполюсники, кожен з яких утворений відрізком лінії l_2 з під'єднанням до неї по краях двома шлейфами половинної довжини $l_1/2$, розімкненими (синфазне збудження), чи закороченими (протифазне збудження) на кінці. Кожне з розгалужень такого чотириполюсника представляється у вигляді еквівалентної схеми (рис. 1,б).

Зважаючи на умову забезпечення узгодження на входах парціальних чотириполюсників, а також забезпечення рівності вхідних опорів з боку шлейфів в точках розгалуження $a-a$ (рис. 1, б) значенню $\pm jZ_c$, отримаємо співвідношення для скоректованих значень електричних параметрів шлейфів моста:

$$Z_{c1} = \sqrt{\frac{(X_c + X_d)^2 (Z_c^2 - X_b^2) - 2(X_c + X_d)X_b X_c X_d - X_c^2 X_d^2}{(X_b + X_c)^2 - Z_c^2}} \quad (2)$$

$$\frac{l_1}{\lambda_1} = \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{Z_{c1}(Z_c + X_c + X_b)}{X_c X_d + (X_c + X_d)(Z_c + X_b)} \quad (3)$$

Вирази для визначення електричних параметрів відрізків ліній між шлейфами з врахуванням згаданих вище умов матимуть вигляд

$$Z_{c2} = \sqrt{\frac{C_1 A_1 - 2C_2 A_2}{(X_{a1}^2 + 2Z_c^2)A_1 - 2A_2 X_{a1}}} \quad (4)$$

$$\frac{l_2}{\lambda_2} = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{2Z_{c2}(A_2 - A_1)}{Z_{c2}^2(2X_{a1}Z_c - X_{a1}^2 - 2Z_c^2) + C_1 - 2Z_c C_2} \quad (5)$$

де $C_1 = Z_c^2(X_{a1}^2 + 2X_{a2}^2 + 2X_{a1}X_{a2}) + X_{a1}^2 X_{a2}^2 + Z_c^4$; $C_2 = Z_c^2 X_{a2} + X_{a1}^2 X_{a2} + X_{a1} X_{a2}^2$;

$$A_1 = Z_c^2 + X_{a1}^2 + 2X_{a1}X_{a2}; \quad A_2 = Z_c^2(X_{a1} + 2X_{a2}) + X_{a1}^2 X_{a2}.$$

Розраховані за (3,5) довжини відрізків l_1 , l_2 задають відстань між відповідними опорними площинами T_i-T_i (рис. 1,б), в межах яких визначено параметри еквівалентних схем двох сусідніх розгалужень. Якщо нехтувати впливом неоднорідностей, тобто при $X_{a1}=X_{a2}=X_b=X_d=1/X_c=0$ отримані співвідношення (2-5) збігається з ідеалізованим варіантом (1).

Розрахунок електричних параметрів моста за отриманими співвідношеннями проводиться шляхом ітерацій. За перше наближення приймаються хвильові опори відрізків, які відповідають ідеалізованому випадку (1). Для них визначаються, наприклад, за співвідношеннями з [1], параметри реактивних елементів еквівалентної схеми розгалужень і далі за (2-5) розраховуються нормовані довжини відрізків та скоректовані значення

хвильових опорів Z_{c1} , Z_{c2} , які в свою чергу можна використати для уточнення еквівалентних параметрів моделі та визначення параметрів моста, тобто для наступного кроку ітерації. Результати досліджень описаного методу вказують на те, що вже на першому кроці досягається необхідна точність обчислень, оскільки скоректовані значення хвильових опорів близькі до початкового наближення. На рис. 2 показані частотні залежності робочих параметрів двохшлейфного мікросмушкового моста на діелектричній підкладці товщиною 1 мм з хвильовим опором вхідних ліній $Z_c = 50$ Ом.

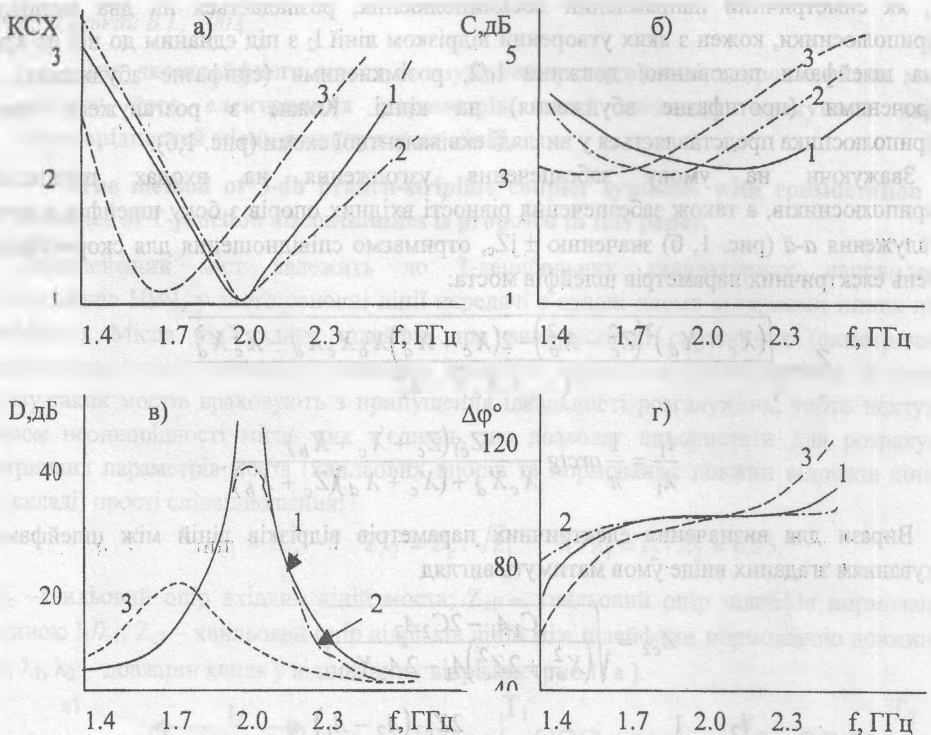


Рис. 2. Частотні характеристики моста: а – КСХ; б – перехідне загасання; в – напрямленість; г – різницевий фазовий зсув.

Криві 1 відповідають ідеалізованому варіанту без врахування впливу неоднорідностей, наявність яких значно погіршує характеристики такого моста (криві 3), що особливо відчутно по зменшенню напрямленості D (рис.2, в). Криві 2 відповідають скоректованим параметрам моста, які після першого кроку ітерації становлять: $Z_{c1} = 50.58$ Ом, $Z_{c2} = 35.76$ Ом, $l_1/\lambda_1 = 0.194$, $l_2/\lambda_2 = 0.232$. На другому кроці ітерації змінюється лише Z_{c1} до значення 50.54 Ом. Корекція впливу неоднорідностей забезпечує повний збіг з ідеалізованим варіантом на розрахунковій частоті 2 ГГц і достатню близькість до нього в смузі частот, що досягається в основному за рахунок суттєвої зміни довжини відрізків l_1 та l_2 .

З наведених результатів видно, що використання описаного методу синтезу дозволяє підвищити точність проектування мостових пристроїв НВЧ.

1. *Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств* /С.И. Бахарев, В.И. Вальман, Ю.Н. Либ и др., Под ред. В.И. Вольмана - М.: Радио и связь, 1982.