

УДК 621.372.828

МІКРОСМУГОВІ ФІЛЬТРИ НА КІЛЬЦЕВИХ РЕЗОНАТОРАХ
ДЕЦИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДОВЖИН ХВИЛЬ

Маслюк Т.В., Омеляненко М.Ю., Турєєва О.В.

Наведені результати теоретичного та експериментального дослідження мікросмугових фільтрів на кільцевих резонаторах, які дозволяють зменшити розміри селективних пристроїв в короткохвильовій частині дециметрового діапазону довжин хвиль та покращити їх електричні і технологічні характеристики.

Вступ

Широке освоєння НВЧ-діапазону висуває якісно нові вимоги до технологічності, габаритів, вартості й електричних характеристик пристроїв, які намагаються задовольнити виконуючи весь тракт прийомо-передавача на одній полімерній підложці [1,2]. При цьому виникають суттєві труднощі при реалізації тракту проміжної частоти (ПЧ) і, зокрема, смугових фільтрів, оскільки їх реалізація на зосереджених елементах веде до значних резонансних втрат і нестабільності характеристик, а на розподілених - до значних габаритів.

Теоретичні та експериментальні дослідження

Предметом дослідження є мікросмуговий фільтр, побудований на кільцевому резонаторі, що виконаний у вигляді згорнутого у кільце відрізка лінії передачі, кінці якого з'єднані. Подібна реалізація дозволила підвищити добротність резонатора при одночасному зменшенні його розмірів так, що розроблений дворезонаторний фільтр на центральну частоту смуги пропускання 560 МГц мав розміри 20×40 мм². Структурна схема і варіант реалізації фільтра на кільцевих резонаторах з зовнішнім ємнісним зв'язком наведені на рис.1, 2, де ЛП – лінія передачі; Рез1, Рез2, ... РезN – кільцеві резонатори; C_{св1}, C_{св2}, ... C_{свN} – ємності зв'язку.

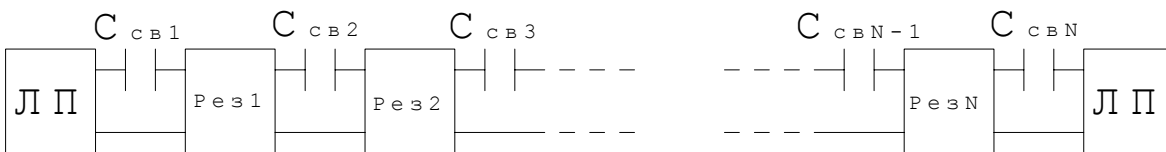


Рис.1

Синтез дворезонаторного фільтра, зображеного на рис.2, проводиться на базі матриці передачі кільцевого резонатора, знайденої за допомогою теорії кіл. Ця задача розв'язується, за допомогою блочного методу.

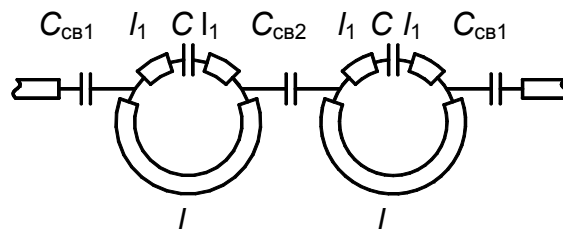


Рис.2

Використовуючи принцип декомпозиції, кільцевий резонатор, еквівалентна схема якого наведена на рис.3,

розбивається на дві гілки (верхню і нижню), як показано на рис.4 (T_1 і T_3 - матриці передачі відрізків ліній, T_2 – матриця передачі послідовно включеної ємності, $T_\Sigma = T_1 T_2 T_3$ - матриця передачі нижньої гілки).

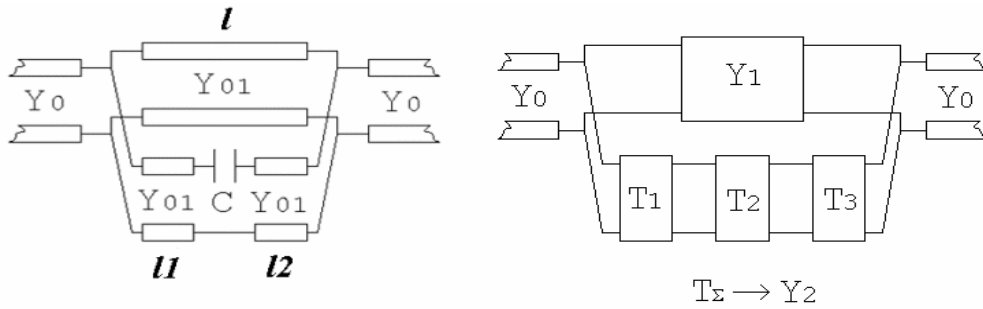


Рис.3

Рис.4

Видно, що верхня гілка – відрізок лінії передачі і її матриця провідності визначається як

$$|Y_1| = \begin{vmatrix} \frac{\operatorname{ctg}(\beta l)}{jZ_{01}} & -\frac{1}{jZ_{01} \sin(\beta l)} \\ 1 & -\frac{\operatorname{ctg}(\beta l)}{jZ_{01}} \\ jZ_{01} \sin(\beta l) & -\frac{1}{jZ_{01}} \end{vmatrix},$$

де β – стала розповсюдження; j – уявна одиниця; $Z_0=1/Y_0$; $Z_{01}=1/Y_{01}$ – хвильовий опір відповідно підвідної лінії та лінії резонатора.

Нижню гілку розіб'ємо на три блоки - два відрізки лінії передачі і ємність. Для кожного з блоків окремо знаходимо T -матрицю (матрицю передачі), а потім, враховуючи каскадне включення блоків, знаходимо сумарну матрицю передачі нижньої гілки резонатора. За формулами переходу $|T| \rightarrow |Y|$ [3], після простих перетворень отримуємо елементи матриці провідності Y_2 нижньої гілки:

$$Y_{11}^{(2)} = \frac{Y_{01}}{\Delta} \left(\frac{z+2}{2} e^{j\beta(l_1+l_2)} - \frac{z}{2} e^{-j\beta(l_1+l_2)} + \frac{z}{2} e^{j\beta(l_1-l_2)} + \frac{2-z}{2} e^{-j\beta(l_1+l_2)} \right)$$

$$Y_{12}^{(2)} = -\frac{2Y_{01}}{\Delta}, \quad Y_{21}^{(2)} = \frac{2Y_{01}}{\Delta}, \quad z = \frac{Z_c}{Z_{01}} = \frac{1}{j\omega CZ_{01}},$$

$$Y_{22}^{(2)} = -\frac{Y_{01}}{\Delta} \left(\frac{z+2}{2} e^{j\beta(l_1+l_2)} + \frac{z}{2} e^{-j\beta(l_1-l_2)} - \frac{z}{2} e^{j\beta(l_1-l_2)} + \frac{2-z}{2} e^{-j\beta(l_1+l_2)} \right),$$

де $\Delta = T_{11} + T_{21} - T_{12} - T_{22}$, ω - кругова частота.

Поелементно склавши (1) і (2), одержуємо матрицю провідності всього резонатора і, далі, матрицю розсіювання [3].

Аналіз отриманих виразів показав можливість підвищення селективності фільтра при мінімальній кількості ланок за рахунок наявності полюса амплітудно-частотної характеристики (АЧХ). Положення полюса АЧХ визначається параметрами міжкаскадного зв'язку: ємнісний міжкаскадний зв'язок забезпечує полюс на частоті вище центральної частоти смуги про-

пускання фільтра, а індуктивний – нижче. АЧХ кільцевого резонатора, включеного в нерозривний тракт ("на прохід") наведена на рис.5

Розрахунок фільтра зводиться до знаходження параметрів одиночного резонатора, що забезпечують потрібну крутизну АЧХ, і вибору параметрів зв'язку при каскадному включенні резонаторів. Подальша оптимізація параметрів елементів фільтра дає можливість отримати потрібну АЧХ.

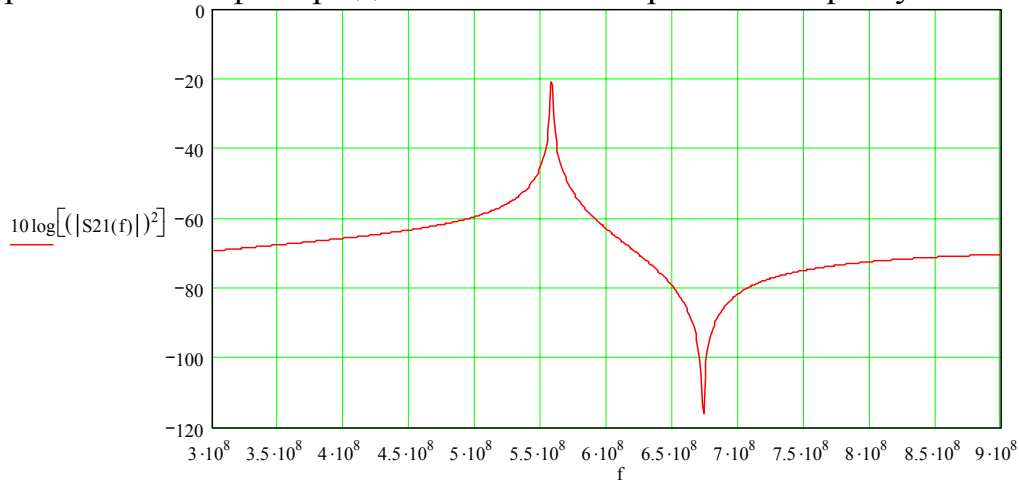


Рис.5

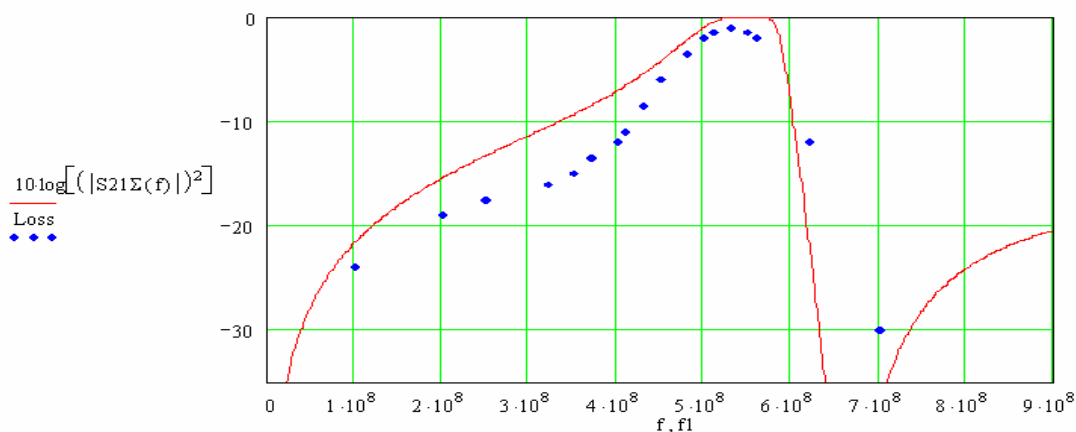


Рис.6

Смуговий фільтр був створений з використанням каскадного включення кільцевих резонаторів і ємностей зв'язку. В середовищі *MathCAD 2000* створена математична модель дворезонаторного фільтра. Після проведення оптимізації була створена мікросмугова топологія, відповідно до якої виготовлено експериментальний зразок дворезонаторного фільтра. Результати дослідження фільтра наведені на рис. 6 (суцільна крива – розрахунок, точки – експеримент).

Висновки

Розроблена теоретична модель смугового фільтра на кільцевих резонаторах задовільно описує поведінку фільтра та дозволяє використати при конструюванні переваги кільцевих резонаторів. Наведений варіант реалізації смугового фільтра не потребує ладнання та передбачає використання

прогресивних методів інтегральної технології.

Література

1. Makimoto M. Varactor tuned bandpass filters using microstrip line ring resonators.// IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., 1986, p. 411-414.
2. Sagawa M. Dielectric split ring resonators and their application to filters and oscillators.//IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., 1988, p. 605-608.
3. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р. Синтез четырехполосников и восьмиполосников на СВЧ. М., Связь, 1971.

Маслюк Т.В., Омеляненко М.Ю., Туреева О.В. Микрополосковые фильтры на кольцевых резонаторах дециметрового диапазона длин волн Приведены результаты теоретического и экспериментального исследования микрополосковых фильтров на кольцевых резонаторах, которые позволяют уменьшить габариты устройств в коротковолновой части дециметрового диапазона длин волн и улучшить их электрические и технологические характеристики.	Maslyuk T.V., Omelianenko M.Y., Turieieva O.V. Microstrip filters, based on ring resonators, in the short part of decimeter wavelength band The results of an design of theoretic and experimental research of a microstrip filters, based on ring resonators, which enable to reduce their dimensions in the short part of decimeter wavelength, have the improved electrical and technological characteristics are given.
--	--