

# MICROSTRIP FILTERS DESIGN USING A SPECTRAL DOMAIN METHOD OF MOMENTS

Semernya R. E., Vilenskiy A. R., Litun V. I.  
Bauman Moscow State Technical University  
RL1, 5, 2<sup>nd</sup> Baumanskaya Str., Moscow, 105005, Russian Federation  
Ph.: +7-929-565-45-52, e-mail: semernyare@gmail.com

*Abstract* — Coupled lines based bandpass microstrip filters are presented. Main design relations are stated. Application of spectral domain method of moments for coupled line characteristics computation is described. The results of simulation and measurements are shown.

## РАЗРАБОТКА МИКРОПОЛОСКОВЫХ ФИЛЬТРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МОМЕНТОВ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Семерня Р. Е., Виленский А. Р., Литун В. И.  
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана  
РЛ1, д. 5, ул. 2-я Бауманская, Москва, 105005, Россия  
тел.: +7 (929) 565-45-52, e-mail: semernyare@gmail.com

*Аннотация* — Представлены топологии полосовых печатных фильтров, выполненных на связанных линиях. Приведены основные расчетные соотношения. Описано применение спектрального метода моментов для расчета электрических характеристик связанных линий. Показаны результаты моделирования и измерений опытных образцов.

### I. Введение

В связи с широким применением микрополосковых полосовых фильтров в СВЧ техники возникает потребность в разработке метода расчета геометрических характеристик фильтра без применения коммерческих пакетов полноволнового электродинамического моделирования.

В работе приводится метод расчета полосового фильтра на параллельно связанных МПЛ, выполненного на подложке Rogers 4350 с  $\epsilon_r = 3,66$ ,  $h = 0,762$  мм с центральной частотой 1,8 ГГц и полосой пропускания 200 МГц. Приведен сравнительный анализ частотных характеристик фильтра, полученного данным методом, полно волновым моделированием и измерением экспериментальных образцов.

### II. Основная часть

На рис. 1, представлен микрополосковый полосовой фильтр с полуволновыми резонаторами [1], расположенными таким образом, что соседние резонаторы связаны друг с другом отрезками линий равными четверти длины волны. Такое расположение позволяет добиться 10% полосы пропускания.

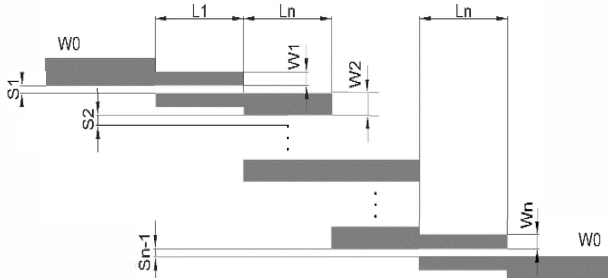


Рис. 1. Топология на параллельно связанных резонаторах.

Fig. 1. Parallel coupled filter topology

Используя эквивалентное представление связанных линий как показано в [2], фильтр на параллельно связанных линиях может быть представлен в виде  $n$

каскадно соединенных четырехполюсников с матрицами передачи, определяемыми по формуле (1):

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_{0e} + Z_{0o}}{Z_{0e} - Z_{0o}} \cos \theta & j \frac{(Z_{0e} - Z_{0o})^2 - (Z_{0e} + Z_{0o})^2 \cos^2 \theta}{2(Z_{0e} - Z_{0o}) \sin \theta} \\ j \frac{2 \sin \theta}{Z_{0e} - Z_{0o}} & \frac{Z_{0e} + Z_{0o}}{Z_{0e} - Z_{0o}} \cos \theta \end{bmatrix} \quad (1)$$

Входящие в состав матрицы (1)  $Z_{0e}$ ,  $Z_{0o}$  - волновые сопротивления связанных отрезков резонаторов на четном и нечетном типе колебаний,  $\theta$  - электрическая длина резонаторов.

Геометрические размеры связанных МПЛ (поперечное сечение на рис. 2) с требуемыми значениями  $Z_{0e}$  и  $Z_{0o}$  отыскивались при решении двумерной задачи на отыскание собственных волн в связанных МПЛ. Задача формулируется в виде системы интегральных уравнений (2), решаемых методом Галёркина в спектральной области [3]:

$$\begin{cases} \int [Z_{zz}(x-x', d)J_z(x') + Z_{zx}(x-x', d)J_x(x')] dx' = E_z(x), \\ \int [Z_{xz}(x-x', d)J_z(x') + Z_{xx}(x-x', d)J_x(x')] dx' = E_x(x). \end{cases} \quad (2)$$

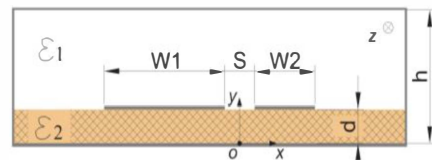


Рис. 2. Поперечное сечение связанных микрополосковых линий.

Fig. 2. Cross-section of coupled microstrip lines

Для ускорения численного расчета, были выбраны базисные функции (рис. 3) в виде разложения по полиномам Чебышева с введенными особенностями на краях, удовлетворяющих условию Мейкснера [4]:

$$i_j^{z,j}(x) = \frac{2}{\pi \cdot w_j} \frac{T_j \left[ 2 \left( x - (-1)^j \frac{s+w_j}{2} \right) / w_j \right]}{\sqrt{1 - \left[ 2 \left( x - (-1)^j \frac{s+w_j}{2} \right) / w_j \right]^2}}, \quad (3)$$

$$i_j^{x,j}(x) = \frac{2}{\pi \cdot w_j} \sqrt{1 - \left[ 2 \left( x - (-1)^j \frac{s+w_j}{2} \right) / w_j \right]^2} \times \\ \times U_j \left[ 2 \left( x - (-1)^j \frac{s+w_j}{2} \right) / w_j \right],$$

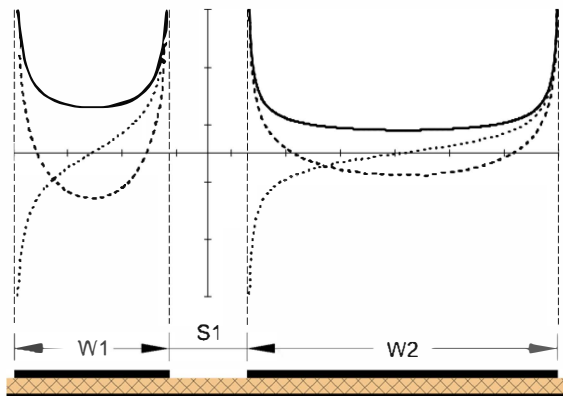


Рис. 3. Базисные функции для продольного распределения тока по связанным МПЛ.

Fig. 3. Basis functions for axial current distribution

Более подробно описание метода расчета сопротивления связанных МПЛ для чётной и нечётной мод представлено в [5].

После отыскания геометрических параметров фильтра было проведено полноволновое моделирование в среде Ansoft HFSS. Сравнение характеристик фильтра, полученных в результате моделирования и расчета параметров эквивалентного четырехполюсника представлены на рис. 4.

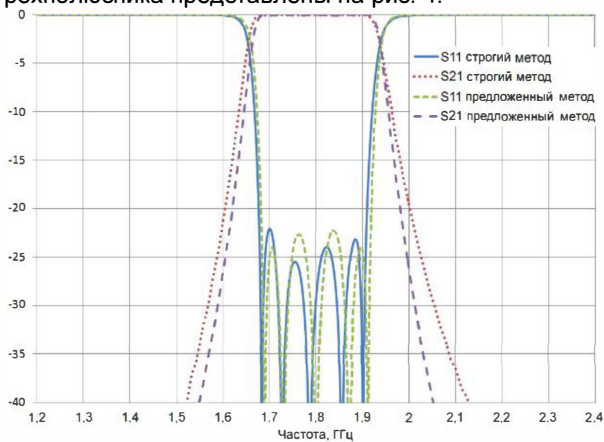


Рис. 4. Сравнение характеристик фильтра.

Fig. 4. Comparison of filter characteristics

Согласно данной методике расчета был разработан микрополосковый полосовой фильтр на подложке Rogers 4350 с  $\epsilon_r = 3,66$ ,  $h = 0,762$  мм с центральной частотой 1,8 ГГц и полосой пропускания 200 МГц, показанный на рис. 5.

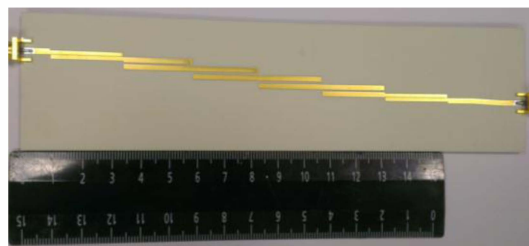


Рис. 5. Опытный образец полосового фильтров на параллельно связанных резонаторах.

Fig. 5. Parallel coupled bandpass microstrip filter prototype

На рис. 6 представлены результаты измерений полученного фильтра.

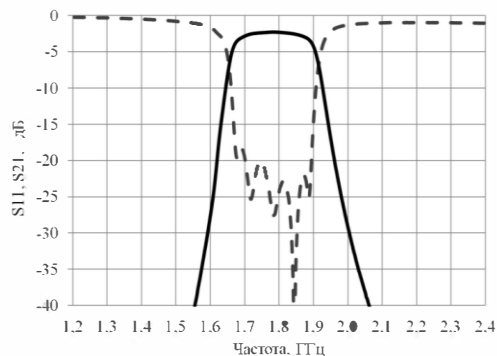


Рис. 6. Результаты измерений фильтра на параллельно связанных резонаторах.

Fig. 6. Measurement results of a parallel coupled microstrip filter

### III. Заключение

Как видим, общий вид зависимостей и их основные качественные показатели совпадают с результатами измерений и моделирования. Указанная методика показывает достаточно точные результаты, что позволяет рассчитывать полосовые фильтры на связанных МПЛ без необходимости применения коммерческих программ строгого электродинамического моделирования.

### IV. References

- [1] Jia-Sheng Hong et al. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications // John Wiley & Sons, Inc. 2001. Vol. 133-140.
- [2] Lei Zhu et al. Microwave bandpass filters for wideband communications // John Wiley & Sons, Inc. 2012. P. 68-83.
- [3] Tatsuo Itoh, Spectral Domain Immitance Approach for Dispersion Characteristics of Generalized Printed Transmission Lines // IEEE Trans. on microwave theory and techniq. 1980. Vol. 28. No. 7. P. 733-736.
- [3] Mexiner J. The behavior of electromagnetic fields at edges // Tech. Rpt. EM-72-New York: Inst. Match. Sci., New York University, 1954.
- [5] Семерня П.Е. Разработка микрополосковых фильтров с применением метода моментов в спектральной области // Электронный журнал «Молодёжный научно-технический вестник». <http://sntbul.bmstu.ru>. Февраль 2014.