

УДК 621.372

**МЕТОД РАСЧЕТА ВОЛНОВОДНЫХ ФИЛЬТРОВ
С ПРОДОЛЬНЫМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВСТАВКАМИ**

В. В. ГЛАДУН, А. Е. ЕКЖАНОВ, Ю. А. ПИРОГОВ

Волноводные фильтры, основанные на применении металлических вставок в *E*-плоскости прямоугольного волновода, находят широкое применение в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн благодаря своей технологичности и хорошим электродинамическим характеристикам. Обычно применяемая структура такого фильтра показана на рис. 1а. Используются, как правило, симметричные структуры с числом резонансных промежутков от двух до пяти.

Существует ряд методов расчета таких структур. Метод, изложенный в [1], основан на анализе токов, текущих по перегородке, и позволяет достаточно быстро рас-

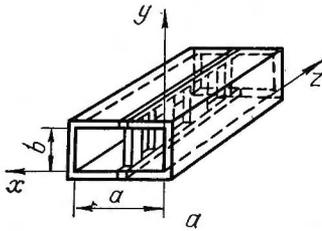


Рис. 1

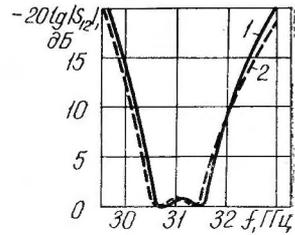
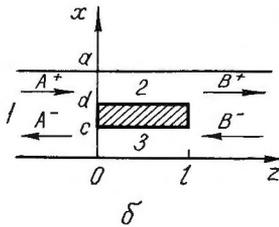


Рис. 2

считывать параметры эквивалентной схемы металлической вставки. Однако он не учитывает толщину металла вставки и потери за счет проводимости металла. Работы [2, 3] основаны на методе сшивания и позволяют построить точную модель системы, однако требуют большого объема расчетов на ЭВМ. Проводимость металла в них также не учитывается.

Предлагаемый метод расчета основан на работе [2], однако в нем значительно сокращено машинное время, необходимое для численного анализа, и, в отличие от [2], учтены потери в металле.

Рассмотрим металлическую вставку в прямоугольном волноводе, параллельную его узкой стенке, и разобьем элементарную ячейку фильтра (рис. 1а) на частичные области 1...3, как показано на рис. 1б. В каждой из областей поля *E*, *H* можно представить в виде $H = \Delta \Pi$, $E = -i\omega \mu [\nabla \times \Pi]$, где Π — магнитный вектор [Герца в каждой из областей; $\Pi = A^\pm e_z e^{\mp i\gamma_j z} \sin(\pi x/\rho_j)$; A^\pm — неизвестные коэффициенты; ρ_j , γ_j определяются размерами каждой области;

$$\rho_j = \begin{cases} a & j=1 \\ c & j=2 \\ a-d & j=3 \end{cases}; \quad \gamma_j^2 = k^2 - (\hat{m}\pi/\rho_j)^2 - (\hat{n}\pi/b)^2; \\ k = (2\pi/\lambda_0) = (\omega/c);$$

\hat{m} , \hat{n} — параметры, зависящие от проводимости металла (они будут введены позднее); e_z — единичный вектор в направлении оси *z*; λ_0 — длина волны. С помощью метода частичных областей в форме [2] можно получить следующие выражения для элементов матрицы рассеяния \hat{S} , связывающей амплитуды падающих *A*⁺, *B*⁺ и отраженных *A*⁻, *B*⁻ волн

$$\begin{pmatrix} A^- \\ B^+ \end{pmatrix} = \hat{S} \begin{pmatrix} A^+ \\ B^- \end{pmatrix}; \quad \hat{S} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{vmatrix}; \\ S_{11} = S_{22} = \frac{(1-\psi)(1+\psi) + \varphi^2}{(1+\psi)^2 - \varphi^2}; \quad S_{12} = S_{21} = \frac{2\varphi}{(1+\psi)^2 - \varphi^2}; \\ \psi = \theta \operatorname{ctg} \gamma_2 l; \quad \theta = -i(4\gamma_1/ac\gamma_2)(I_2^2 + I_3^2); \quad \varphi = \theta/\sin \gamma_2 l$$

(здесь предполагается, что $a - d = c$, $\gamma_2 = \gamma_3$);

$$I_2 = \int_0^c \sin(\pi x/a) \sin(\pi x/c) dx; \quad I_3 = \int_d^a \sin(\pi x/a) \sin[\pi(a-x)/(a-d)] dx.$$

Таким образом, можно вычислить матрицу рассеяния металлической вставки конечной длины. Матрица рассеяния всего устройства формируется путем сшивания с

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Tajima Y., Sawayama U.* Design and analysis of a waveguide sandwich microwave filter // IEEE Trans.: V. MTT-22.— 1974.— No. 9.— P. 839—841.
2. *Vahldieck R., Bornemann J., Arndt F., Grauerholz D.* Optimized waveguide E-plane metal-insert filters for millimetre-wave application // IEEE Trans.: V MTT-31.— 1983.— No. 1.— P. 65—69.
3. *Y-Chi Shih, Itoh T.* Computer-aided design of millimetre-wave E-plane filters // IEEE Trans.: V. MTT-31.— 1983.— No. 2.— P. 135—142.

4. *Vahldieck R., Bornemann J., Arndt F., Grauerholz D.* Optimized waveguide low-insertion loss millimetre-wave fin-line and metal-insert filters // IEE.: V. 52.—1982.— No. 11/12.— P. 513—521.

5. *Patzelt H., Arndt F.* Double plane steps in rectangular waveguides and their applications in transformers, irises and filters.—IEEE Trans.: V MTT-30.—1982.— No. 5.— P. 771—777.

6. *Левин Л.* Теория волноводов.— М.: Радио и связь, 1981.—20 с.

7. *Минимизация* в инженерных расчетах на ЭВМ / С. Д. Гуснин, Г. А. Омелянов, Г. В. Резников, В. С. Сироткин // Библиотека программирования.— М.: Машиностроение, 1981.

8. *Vahldieck R., Heefer J. R.* A new class of optimized fin-line and E-plane metal-insert filters with improved characteristics.—IEEE Trans.: MTT-S Digest.—1985.— No. H-6.— P. 182—184.

9. *Bornemann J., Arndt F.* Metal-insert filters with improved characteristics // IEE Proc.: V. H-133.—1986.— No. 2.— P. 103—107.

Поступила в редакцию после переработки 04.08.86.