

РАССЕЯНИЕ Т-ВОЛНЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЛНОВОДА НА ДИАФРАГМЕ С МАГНИТОДИЭЛЕКТРИКОМ

Панов М.И.

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, проф. Шматько А.А.
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина
E-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Аннотация — Решена задача рассеяния Т-волны плоскопараллельного волновода на диафрагме с магнитоэлектриком. Получены и проанализированы выражения для энергетических коэффициентов отражения и прохождения.

1. Введение

Приближенное решение многих задач согласования волноводных устройств можно получить, используя теорию цепей [1]. Однако в ряде случаев [2] выявляется некорректность расчета коэффициентов отражения и прохождения в терминах волновых сопротивлений длинных линий, соответствующих электродинамическим объемам геометрии задачи. Это обстоятельство приводит к необходимости применения строгих методов. В последнее время задачи дифракции наиболее часто решаются путем численного моделирования СВЧ-структур методом конечных элементов в компьютерных пакетах (HFSS, CST и др.). Эти математические программы значительно расширяют возможности исследований, однако, как правило, не дают физического объяснения полученным результатам. В данной работе методом Фурье получены аналитические выражения для энергетических коэффициентов поля, рассеянного на диафрагме в плоскопараллельном волноводе и проведен физический анализ наблюдаемых явлений.

2. Основная часть

Рассматривается задача рассеяния H_x — поляризованной волны $H_x^{nad}(y, z) = \exp(ikz)$, набегающей на волноводную неоднородность (рис. 1). Поля, рассеянные в частичных областях, записываются в виде рядов Фурье. Применяв условия непрерывности тангенциальных компонент поля на поверхностях раздела областей, можно получить бесконечную систему линейных алгебраических уравнений 2-го рода для определения неизвестных коэффициентов задачи. На практике соотношение между длиной волны и размером отверстия связи таково, что в щели распространяется лишь основная мода, поэтому влиянием высших мод на энергетические коэффициенты можно пренебречь. В таком приближении система уравнений принимает вид

$$\begin{cases} B \cdot \left\{ \frac{1}{Z_0} + g \right\} + C \cdot \left\{ \frac{-1}{Z_0} + g \right\} e^{ikh\sqrt{\epsilon\mu}} = 2, \\ B \cdot \left\{ \frac{-1}{Z_0} + g \right\} e^{ikh\sqrt{\epsilon\mu}} + C \cdot \left\{ \frac{1}{Z_0} + g \right\} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где B, C — неизвестные амплитуды прямой и обратной волн в щели; $Z_0 = \sqrt{\mu}/\sqrt{\epsilon}$ — волновое сопротивление магнитоэлектрика; g — известная функция параметров задачи. Энергетические коэффициенты связаны с B, C соотношениями:

$$|R|^2 = \left| -1 + \frac{d}{b} \left(B + C e^{ikh\sqrt{\epsilon\mu}} \right) \right|^2, \quad |T|^2 = \left| \frac{d}{b} \left(B e^{ikh\sqrt{\epsilon\mu}} + C \right) \right|^2.$$

В качестве примера проведен расчет коэффициента прохождения для случая $b = 0,3\lambda$, $d = 0,03\lambda$ (рис. 1). Анализ показывает, что увеличение толщины диафрагмы приводит к появлению продольных резонансов, повторяющихся через каждые $\lambda/2$, количество которых связано с числом вариаций поля вдоль отверстия. Более того наблюдается укорочение резонансного размера толщины диафрагмы $h_n \sqrt{\epsilon\mu} < 0,5n\lambda$. Это согласуется с известными данными для подобных структур [3]. Такое укорочение толщины диафрагмы вызвано резкой неоднородностью геометрии, приводящей к существованию в плоскостях стыка диафрагмы и волноводов емкостной реактивности, описываемой функцией $g(d, b, \lambda)$.

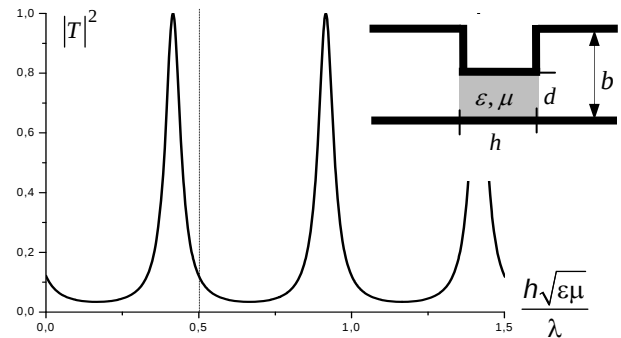


Рис. 1

3. Заключение

Показано резонансный характер прохождения Т-волны плоскопараллельного волновода через диафрагму, заполненную магнитоэлектриком. Выявлено укорочение резонансной толщины диафрагмы.

4. Список литературы

- [1] Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ: в 2 т. / И.В. Лебедев. — М.: Высшая школа, 1972. — Т.1. — 389 с.
- [2] Горобец Н.Н. Анализ согласования волноводных и рупорных антенн сверхвысоких частот / Н.Н. Горобец, В.А. Ляченко // Материалы 7-й междунар. конф. "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (СРiMiCo'1997). — Севастополь: Вебер, 1997. — Т.2. — С. 504 — 505.
- [3] Шестопалов В.П. Дифракция волн на решетках / В.П. Шестопалов, Л.Н. Литвиненко, С.А. Масалов, В.Г. Сологуб. — Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1973. — 288 с.

T-WAVE SCATTERING BY A DIAPHRAGM WITH MAGNETODIELECTRIC IN A PARALLEL-PLATE WAVEGUIDE

Panov M.I.

Scientific adviser: Shmat'ko A.A.

V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Abstract — The T-wave scattering problem by a diaphragm with magnetodielectric in a parallel-plate waveguide was solved. Analytical expressions for energy coefficients of the reflection and transmission were obtained and analyzed.