

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ H_{01} -ВОЛНЫ КРУГЛОГО ВОЛНОВОДА ОТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОКНА С КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ КАНАВКОЙ

Кураев А. А., Наранович О. И., Синицын А. К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

ул. П. Бровки 6, г. Минск, 220013, Беларусь

тел.: (375-17) 293-84-98, e-mail: kurayev@bsuir.unibel.by, narok@tut.by, sinitsyn@cosmostv.by

Аннотация – Предложен метод расчета нерегулярных волноводов с частичным диэлектрическим заполнением. Приведены результаты решения задачи о подборе рефлектора, компенсирующего отражение H_{01} волны круглого волновода от диэлектрического окна.

I. Введение

Диэлектрические вставки специальной формы используются во многих элементах волноводной СВЧ-техники. Ввиду этого актуальным является разработка эффективных методов расчета нерегулярных волноводов с частичным диэлектрическим заполнением. В [1, 2] для решения краевых задач в случае продольно нерегулярных волноводов с вакуумным заполнением предложена эффективная процедура решения, удачно совмещающая метод преобразования координат, последующее сведение задачи к системе ОДУ на основе метода прямых, парциальные условия излучения на входном и выходном сечениях и метод блочной матричной прогонки. В настоящей работе описанная в [1, 2] методика развита для случая продольно-нерегулярного волновода с диэлектрическими вставками. В качестве иллюстрации возможностей метода решена задача о подборе рефлектора круглого волновода в виде резонансной канавки, компенсирующей отражение симметричной H -волны от тонкого диэлектрического окна.

II. Постановка задачи и результаты расчетов

Диэлектрические окна в вакуумных СВЧ устройствах (например, в Черенковском генераторе) используются для изоляции вакуума от воздушной среды. Очень важно, сделать это окно таким, чтобы СВЧ волна проходила через него без затухания. Рис.1. иллюстрирует диэлектрическое окно с компенсирующим рефлектором.

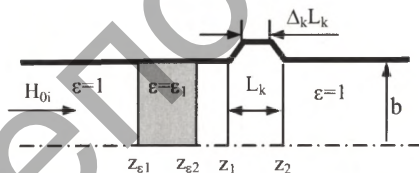


Рис. 1. Геометрия диэлектрического окна с компенсирующей канавкой.

Fig. 1. Geometry of a dielectric window with a compensating groove

На вход падает симметричная H – волна. Она частично отражается от диэлектрической вставки, частично поглощается (если ϵ_1 -комплексное), частично проходит. Компенсирующий рефлектор выполнен в виде канавки с параметрами h_k - глубина, Δ_k – параметр крутизны, L_k – ширина [1]. С помощью разработанной программы рассчитывался коэффициент

отражения $K = 1 - P_s(L) / P_1^+(0)$ диэлектрического окна с рефлектором (P_1^+ и P_s мощности падающей и проходящих волн). Ниже геометрические размеры приведены в единицах $\lambda/2\pi$. Расчеты показали, что при реальной толщине окна $D_\epsilon = z_{\epsilon 2} - z_{\epsilon 1} \cong 0,5 \div 1$ коэффициент отражения от него K_ϵ достигает значительной величины, однако зависимость имеет периодический характер. При определенных значениях D_ϵ величина отражения K_ϵ становится ничтожно малой. Как показывают тестовые расчеты по нашей методике, период соответствует половине длины волны в диэлектрике $\Lambda_\epsilon^{H_{01}} = 2\pi / \sqrt{W^2 \epsilon - (\mu_{0i} / b)^2}$, что полностью согласуется с теорией длинных линий. Согласно данной теории диэлектрическое окно толщиной в пол длины волны представляет собой резонансный полуволновой трансформатор, и как следствие оно обладает свойством полного прохождения волны (без ее отражения).

На рис. 2. представлена рассчитанная зависимость толщины диэлектрика D_ϵ^1 , соответствующая

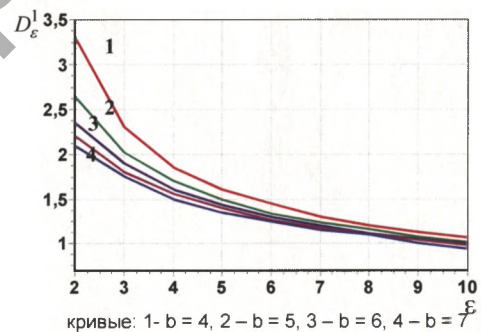


Рис. 2. Зависимость изменения резонансной ширины окна от диэлектрической проницаемости для различного радиуса волновода.

Fig. 2. Dependence of change of resonant width of a window on dielectric permeability for various radius of a wave guide

первому минимуму K_ϵ . Как видно, при небольших значениях $\epsilon < 3$ толщина диэлектрика D_ϵ^1 достигает больших значений, которые неприемлемы при практической реализации.

Реализация тонкого прозрачного диэлектрического окна в этом случае может быть осуществлена с помощью рефлектора в виде компенсирующей канавки. При определенных размерах, положении канавки для любой толщины диэлектрика возможен резонансный эффект, приводящий к резкому умень-

шению коэффициента отражения. В этом случае между диэлектриком и канавкой устанавливается несколько полу-волн, т.е. система диэлектрик-канавка эквивалентна полуволновому трансформатору.

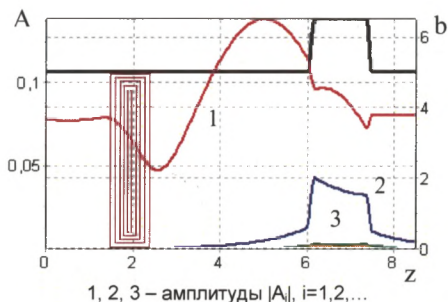


Рис. 3. Распределение амплитуд возбуждаемых волн при минимальном отражении.

Fig. 3. Distribution of amplitudes of raised waves at the minimal reflection

Рис. 3 иллюстрирует распределение амплитуд парциальных волн между диэлектрическим окном и рефлектором при минимальном отражении для случая одной полуволны.

Путем оптимизации параметров диэлектрика и канавки были получены результаты, показывающие, что компенсирующий рефлектор позволяет уменьшить отражение в сотни раз, благодаря чему можно выбрать необходимую толщину диэлектрика. При увеличении b до 8-10 сохранение минимального отражения волны достигается при значительном увеличении высоты канавки h_k . При больших b расстояние между канавкой и диэлектриком практически не изменяется.

Исследование зависимости коэффициента отражения диэлектрической вставки с канавкой от частоты при толщине диэлектрического окна равной 0,8 показало, что полоса частот расширяется с увеличением радиуса волновода и сужается с его уменьшением.

III. Заключение

Разработан эффективный метод, позволяющий рассчитывать электродинамику симметричных H волн в нерегулярном волноводе с диэлектрическим заполнением. Получена зависимость от диэлектрической проницаемости изменения толщины диэлектрического окна круглого волновода при которой возможно полное прохождение H_{01} волны вследствие резонансного эффекта для различных значений радиуса волновода. При небольших значениях ϵ резонансная толщина диэлектрического окна приемлемо велика.

Найдены параметры рефлектора в виде канавки, расположенной вблизи диэлектрического окна произвольной толщины, при которых реализуется резонансный эффект, приводящий к резкому уменьшению коэффициента отражения рабочей H_{01} -волны.

IV. Список литературы

- [1] Батура М. П., Кураев А. А., Синицын А. К. Основы теории, расчета и оптимизации современных электронных приборов СВЧ. – Минск. БГУИР, 2007.
- [2] Наранович О. И., Кураев А. А., Синицын А. К. Численное моделирование фильтров симметричных H_{01} -волн методом блочной матричной прогонки // Зарубежная радиоэлектроника Успехи современной радиоэлектроники. — 2007. №10. С. 57-63.

CALCULATION OF REFLECTION FACTOR H_{01} -WAVES OF A ROUND WAVE GUIDE FROM A DIELECTRIC WINDOW WITH A COMPENSATING GROOVE

Kurayev A. A., Naranovich O. I., Sinitsyn A. K.
The Belarus State University of Computer Science
and Radio Electronics

6, P. Brovki, Minsk, 220013, Byelorussia
kurayev@bsuir.by, narok@tut.by, sinitsyn@cosmostv.by

Abstract – The method of calculation of irregular wave guides with partial dielectric filling is offered. Results of the decision of a task about selection of the reflector compensating reflection H_{01} of a wave of a round wave guide from a dielectric window are resulted.

I. Introduction

In the present work described in [1, 2] a technique of the decision of regional tasks in a case it is longitudinal irregular wave guides with vacuum filling, it is advanced for a case of a longitudinal - irregular wave guide with dielectric inserts. By way of illustration opportunities of a method the task about selection of a reflector of a round wave guide as the resonant groove compensating reflection of a symmetric H-wave from a thin dielectric window is solved.

II. Statement of a Task and Results of Calculations

Fig. 1, illustrates a dielectric window with a compensating groove. On an input symmetric H - a wave falls. It is in part reflected from a dielectric insert, in part absorbed (if ϵ_1 -complex), in part passes. The compensating reflector is executed as a groove with parameters: h_k - depth, Δ_k - parameter of steepness, L_k - width [1]. With the help of the developed program the factor of reflection $K = 1 - P_s(L) / P_1^+(0)$ of a dielectric window paid off with a reflector (P_1^+ and P_s capacities falling and taking place waves). Below geometrical sizes are resulted in terms of $\lambda/2\pi$.

On Fig. 2. the dependence of thickness of the dielectric D_ϵ^1 , relevant is submitted to the first minimum K_ϵ , is designed. Apparently, at values $\epsilon < 3$ thickness of a dielectric D_ϵ^1 will achieve the high values which are unacceptable at practical realization.

At the particular sizes and a standing of groove for any thickness of a dielectric the resonant effect giving in sharp diminution of a reflectivity is possible. In this case between a dielectric and a groove some half-waves, i.e. the system "a dielectric – a flute", are erected being equivalent with the half-wave transformer. The Fig. 3 illustrates allocation of amplitudes of partial waves between the dielectric window and a reflector at the minimal reflection for a case of one half-wave.

III. Conclusion

The effective method is developed, allowing expecting electro-dynamics symmetric H waves in an irregular wave guide with dielectric filling. Parameters of a reflector, as a groove located near to a dielectric window of any thickness at which the resonant effect resulting in sharp reduction of factor of reflection of a working H_{01} -wave is realized, are found. Dependence of a reflectivity of the dielectric window with a groove from frequency is received.