

КОМПЕНСАЦИЯ ОТРАЖЕНИЯ E_{01} ВОЛНЫ ОТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОКНА НА АПЕРТУРЕ РУПОРА

Наранович О. И., Синицын А. К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, П. Бровка, 6, 220013, Беларусь
тел.: (375-17) 293-84-98, e-mail: narok@tut.by, sinitsyn@cosmostv.by

Аннотация — Предложен эффективный метод расчета симметричных Е-волн круглого нерегулярного волновода. Выполнены расчеты коэффициента отражения рупора с диэлектрическим окном на апертуре. Найдены условия, при которых за счет правильного выбора параметров рупора реализуется компенсация отражения, вносимого диэлектрическим окном.

I. Введение

Обычно из черенковского генератора СВЧ излучение выводят через рупор симметричных Е-волн [1]. На апертуре рупора помещается диэлектрическая диафрагма, изолирующая вакуумное пространство источника СВЧ.

Не всегда возможно подобрать толщину диафрагмы, соответствующую минимальному отражению при определенных значениях диэлектрической проницаемости ϵ . В этом случае актуальной является задача исследования возможности подбора таких параметров рупора (Рис.1) для $v_{01} < b_0$, при которых реализовалась бы компенсация отражения от диафрагмы. Исследование физических особенностей такой компенсации – является задачей данного доклада.

II. Постановка задачи и метод решения

На рис. 1. представлена геометрия решаемой задачи.

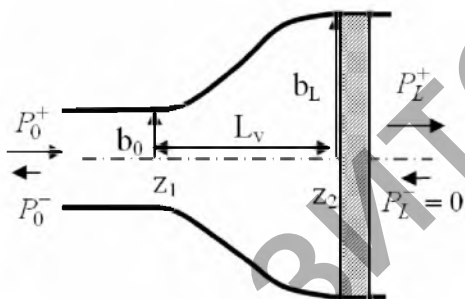


Рис. 1. Рупор с диэлектрическим окном.

Fig. 1. Horn with dielectric window

На вход рупора радиуса b_0 подается симметричная E_{01} волна мощности P_0^+ . Образующая рупора при $z_1 < z < z_2$ задавалась в виде параболы, имеющей гладкое сопряжение с регулярными волноводами на входе и апертуре

$$b(z) = b_0 + (b_L - b_0) \times P_5[(z - z_1)/(z_2 - z_1)],$$

$$P_5[x] = x^3(10 - 15x + 6x^2). \quad (1)$$

Параметры рупора $L_v = z_2 - z_1$ и b_L - подбирались из условия минимального отражения при наличии диэлектрического окна толщиной D_ϵ с диэлектрической проницаемостью ϵ .

Для выполнения расчетов использовался модифицированный для расчета симметричных Е-волн круглого нерегулярного волновода метод блочно-матричной прогонки, разработанный ранее для расчета Н-волн [2, 3].

Идея метода состоит в получении преобразованном координат [1, 2] скалярной краевой задачи для симметричных Е-волн на регулярном цилиндре единичного радиуса

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\epsilon \rho} \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{b'}{\epsilon b} \frac{\partial u}{\partial \rho} \right) - \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{b'}{\epsilon b} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{1 + (b' \rho)^2}{b^2 \epsilon \rho} \frac{\partial u}{\partial \rho} \right) = - \frac{W^2}{\rho} u$$

$$b' = db/dz, \quad u|_{\rho=0} = 0; \quad \frac{\partial u}{\partial \rho} - \frac{bb'}{1 + b'^2} \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{\rho=1} = 0, \quad (2)$$

дополненной условиями излучения на концах отрезка рассматриваемого волновода [2]. Благодаря регулярности области, данная задача решается эффективным прямым сеточным методом блочно-матричной прогонки [3].

Компонента $B_\phi(r, z)$ симметричной Е-волны выражается через функцию $u(z, \rho)$, $\rho = r/b(z)$ следующим образом

$$B_\phi(r, z) = u(z, \rho) / (\rho b(z)) = \frac{1}{e_{0i}} \sum_i V_i(z) J_1 \left(v_{0i} \frac{r}{b(z)} \right), \quad (3)$$

где V_i – амплитуды парциальных E_{0i} волн [1]. В отличие от задачи для Н волн [2] здесь граничное условие (2) имеет нестандартный вид.

Коэффициент отражения по мощности E_{01} – волны от рупора рассчитывался по формуле

$$K = 1 - P_L^+ / P_0^+, \quad (4)$$

где P_0^+ , P_L^+ – подаваемая на вход и проходящая мощность. Все геометрические размеры ниже приводятся в единицах $\lambda/2\pi$.

III. Результаты расчетов

Для типичного монотонного рупора Е-волны без диэлектрического окна [1] с входным радиусом $b_0=3$ было установлено, что при $b_L = 8 \div 10$ и $L_v \geq 12 \div 14$ соответственно, коэффициент отражения K не превосходит 0.007. При этом на выходе амплитуды высших парциальных волн (3) сопоставимы с амплитудой основной волны.

Как известно, диафрагма с толщиной, кратной половине длины волны в диэлектрике

$$D_\epsilon^k = 0.5k\lambda \frac{E_{0i}}{\epsilon},$$

$$\Lambda_\epsilon^{E_{0i}} = 2\pi / \sqrt{\epsilon - (v_{0i}/b)^2}$$

является прозрачной для E_{0i} -волны. При $b_0 > 8$ толщина такой «прозрачной» диафрагмы $D_\epsilon^1 = \pi / \sqrt{\epsilon}$. Однако, если D_ϵ не удовлетворяет этому условию, коэффициент отражения K имеет максимальное значение при $D_\epsilon = (0.5 + k)D_\epsilon^1$, которое достигает значительной величины - 20% при $\epsilon=2.5$, 40% при $\epsilon=5$.

При помещении «прозрачной» для E_{01} волны диафрагмы в раскрыт рупора происходит небольшое, примерно в два раза увеличение коэффициента отражения K , объясняемое отражением от диафрагмы

мы возбуждаемых в рупоре волн с более высоким индексом. При небольшой коррекции параметров b_L , L_V удастся уменьшить коэффициент отражения до значений соответствующих рупору без диэлектрического окна.

Естественно, что при помещении в раскрыв рупора «отражающей» диафрагмы ($D_\varepsilon \neq D_\varepsilon^1$) коэффициент отражения рупора будет соответствовать коэффициенту отражения от такой диафрагмы. Расчеты показали, что компенсировать отражение от диэлектрического окна можно за счет соответствующего выбора параметров b_L , L_V рупора, обеспечивающих минимум коэффициента отражения K .

На рис.2 представлено распределение амплитуд V_i (3) в рупоре с «отражающей» диафрагмой ($D_\varepsilon = 0.5D_\varepsilon^1$) до и после оптимизации.

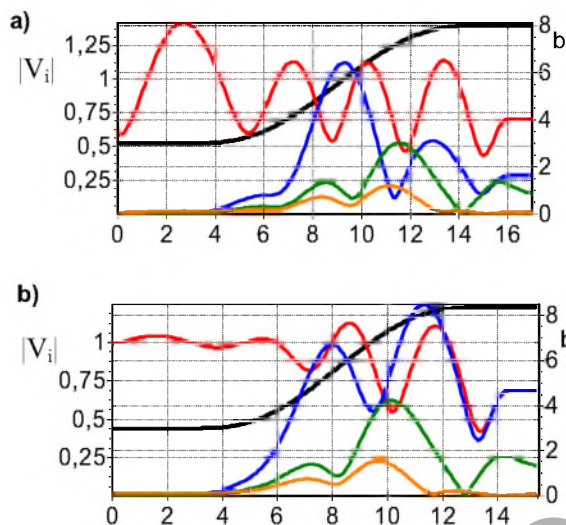


Рис. 2. Рупор с «отражающим» окном: $b_0=3$, $\varepsilon=2.5$, $D_\varepsilon=1$,
 а) до оптимизации $b_L=8$, $L_V=12$, $K=0,17$,
 б) после оптимизации $b_L=8.37$, $L_V=10,37$, $K=0,003$.

Fig. 2. Horn with "reflecting" window: $b_0=3$, $\varepsilon=2.5$, $D_\varepsilon=1$,
 а) before optimization $b_L=8$, $L_V=12$, $K=0,17$,
 б) after optimization $b_L=8.37$, $L_V=10,37$, $K=0,003$

Коэффициент отражения волны E_{01} от такой диафрагмы равен 0.2. Коэффициент отражения рупора с такой диафрагмой несколько ниже и равен 0.17. Как видим из рис.2а основное отражение испытывает в этом случае E_{01} волна. В результате оптимизации параметров коэффициент отражения оказывается не большим чем у рупора без диафрагмы. Как видно из рис.2б в рупоре с такими параметрами происходит переотражение волн между диафрагмой и нерегулярным участком волновода.

IV. Список литературы

- [1] Батура М. П., Кураев А. А., Сеницын А. К. Основы теории, расчета и оптимизации современных электронных приборов СВЧ. Минск : БГУИР, 2007. 246 с.
- [2] Кураев А. А., Наранович О. И., Сеницын А. К. Расчет параметров не отражающей H_{01} -волну диэлектрической диафрагмы круглого волновода // Техника и Приборы СВЧ. 2008. №1. С.10-14.
- [3] Наранович О. И., Сеницын А. К. Решение двумерного уравнения эллиптического типа методом блочной матричной прогонки // ДАН БГУИР. 2007 №3(19). С. 18-23.

BALANCING OF WAVE E_{01} REFLECTION FROM DIELECTRIC WINDOW ON HORN APERTURE

Naranovich O. I., Sinityn A. K.
 Belarusian State University of Informatics and
 Radioelectronics
 P.Brovka str., 6, Minsk, 220013, Byelarus
 тел.: (375-17) 293-84-98
 e-mail: narok@tut.by, sinityn@cosmostv.by

Abstract — The effective method of calculation of symmetric E-waves of a round irregular waveguide is offered. Computations of radiant reflectance of a horn with a dielectric window on the aperture are carried out. At the expense of a correct choice of parameters such conditions at which balancing of wave reflection is realized, are found.

I. Introduction

It is difficult to match thickness of a diaphragm corresponding to minimum reflectivity at certain values of dielectric permeability. In this case the research problem of selection of such parameters of the horn (Fig.1) is of current concern, at which compensation of reflection from the diaphragm must be realized. Investigations of physical features of such balance - is a task of the given report.

II. Method of the Decision

Symmetric E_{01} wave of capacity P_0^+ is fed on the input of the horn of profile (1). Reflection index by capacity E_{01} of the wave (3) on the horn is deduced by the formula [4]. The idea of the method consists in origination of co-ordinates [1, 2] of scalar boundary value problem for symmetric E-waves on the regular cylinder of ordinary radius, complemented by conditions of emission on the ends of a piece of considered waveguide [2]. Due to the regularity of the area the given problem is solved by effective direct net method of block matrix trial run [3].

III. Results of Calculations

For typical monotonous horn of E-wave without dielectric windows [1] with entry radius $b_0=3$ it has been registered that at $b_L = 8 \div 10$ and $L_V \geq 12 \div 14$ accordingly, the reflection factor K has not surpassed 0.007. When reflecting diaphragm is installed into horn aperture reflection index of the horn corresponds to index of reflection from such diaphragm and might reach 0.2-0.4 for $\varepsilon=2-5$. Calculations have shown that compensation of reflection from the dielectric window has been possible at the expense of parametrization b_L , L_V , providing minimum of radiant reflectance K .

On fig. 2 distribution of amplitudes in the horn with "reflecting" diaphragm before optimization is presented. Optimization of parameters results in obtaining of reflection index which does not exceed that of the horn without the diaphragm. As it seen from fig. 2b in the horn with such parameters the re-reflection of waves between the diaphragm and the irregular part of the waveguide occurs.