

РАСЧЕТ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ ОТРАЖЕНИЯ H_{01} -ВОЛНЫ КРУГЛОГО ВОЛНОВОДА ОТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОКНА

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

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

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

Аннотация — Предложен способ компенсации отражения симметричной H -волны от диэлектрического окна с помощью канавки или выступа, совмещенных с диэлектрическим окном, и образующих резонансную систему типа полуволнового резонатора. Проведены расчеты по выбору высоты и крутизны выступа и канавки, обеспечивающих минимальное отражение волны для диэлектрической диафрагмы разной толщины и заданных значениях диэлектрической проницаемости.

I. Введение

Диэлектрические окна в СВЧ-устройствах используются для изоляции вакуума от воздушной среды. Например, в мощных генераторах СВЧ: гиротронах, карсинотронах через такое окно выводится СВЧ энергия большой мощности. Поэтому очень важно сделать это окно таким, чтобы оно отражало как можно меньше энергии. Как показывают расчеты [1, 2], коэффициент отражения по мощности H_{01} -волны круглого волновода от диэлектрической диафрагмы с типичными значениями диэлектрической проницаемости $\varepsilon=2\dots 5$ и толщине не кратной половине длины волны волновода, заполненного диэлектриком (в этом случае диафрагма не отражает волну, однако ее толщина недопустимо велика) достигает неприемлемо больших значений (20...70)%. В этих же работах на основе предложенной эффективной процедуры расчета нерегулярных волноводов с частичным диэлектрическим заполнением приведены результаты решения задачи подбора рефлектора в виде канавки волновода, расположенной на определенном расстоянии от диэлектрического окна, компенсирующего отражение H_{01} -волны. Такой способ позволяет уменьшить коэффициент отражения от диафрагмы на заданной частоте практически до нуля за счет подбора параметров таким образом, чтобы система «рефлектор-диафрагма» образовала полуволновой трансформатор.

В настоящей работе предлагается совместить диэлектрическое окно с выступом, либо с канавкой волновода. В этом случае диэлектрик находится внутри самого рефлектора и подбором его параметров удастся достичь того же эффекта компенсации. Более того, за счет уменьшения радиуса диэлектрического окна и выравнивания волнового сопротивления в диэлектрике и вакууме, удастся уменьшить высоту рефлектора, при которой происходит эффективная компенсация отражения.

II. Постановка задачи и результаты расчетов

Рассмотрим прохождение симметричной H -волны в круглом волноводе, частично заполненном диэлектриком в виде диафрагмы (Рис.1). Для компенсации отражения волны от диэлектрика используем утолщенную или выступающую канавку, совмещенную с диэлектрическим окном. Падающая H_{01} -волна частично отражается от диэлектрика, частично проходит. Необходимо подобрать геометрические пара-

метры L_k , h_k , Δ_k канавки для заданных толщины D_ε и диэлектрической проницаемости ε окна, обеспечивающей минимальное отражение мощности волны.

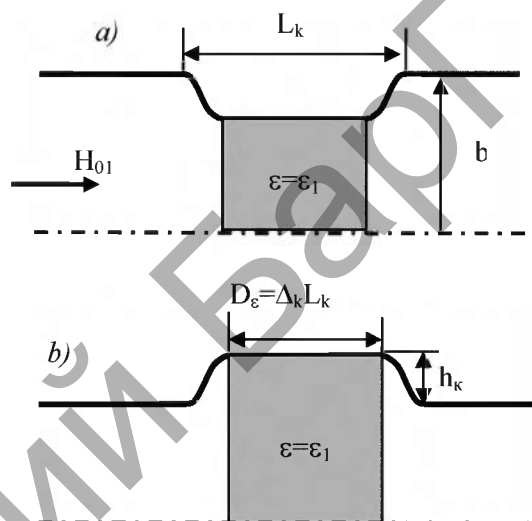


Рис.1. Конфигурация а) выступа, б) канавки и расположение диэлектрика.

Fig. 1. A configuration of a) bulge, b) groove and arrangement of a dielectric

При расчетах использовалась математическая модель и метод, описанные в [1,2]. Геометрические размеры здесь приводятся в единицах $\lambda_0/2\pi$.

Как показали расчеты, для заданных толщины D_ε , диэлектрической проницаемости ε окна и радиуса волновода b удается подобрать геометрию выступа или канавки, при которых система «рефлектор-диафрагма» образует полуволновой трансформатор и коэффициент отражения волны по мощности оказывается меньше одного процента.

Как для выступа, так и для канавки резонансная высота h_k заметно уменьшается с увеличением крутизны Δ_k боковых стенок. При этом резонансная высота выступа значительно меньше, чем соответствующая высота резонансной канавки, что объясняется дополнительным компенсирующим действием согласования волновых сопротивлений полого и заполненного диэлектриком волноводов. При небольшой крутизне $\Delta_k < 0.6$, даже для тонкой диафрагмы

$D_\varepsilon = 0.4$ с $\varepsilon = 2$, коэффициент отражения близкий к нулю получается при высоте канавки равной размерам волновода. Поэтому для компенсации отражения целесообразно использовать канавку и выступ с большой ($\Delta_k > 0.7$) крутизной боковых стенок.

Резонансная высота как выступа так и канавки растет при увеличении радиуса волновода, толщины

диэлектрической вставки D_ϵ и диэлектрической проницаемости ϵ .

Процесс прохождения волны через диафрагму с резонансным выступом и канавкой иллюстрирует рис. 2. $|A_i(z)|$ - амплитуды парциальных волн [1,2]. Если на выступе внутри диэлектрика максимальна основная волна, а за критические практически отсутствуют, то на канавке внутри диэлектрика значительной амплитуды достигают за критические волны.

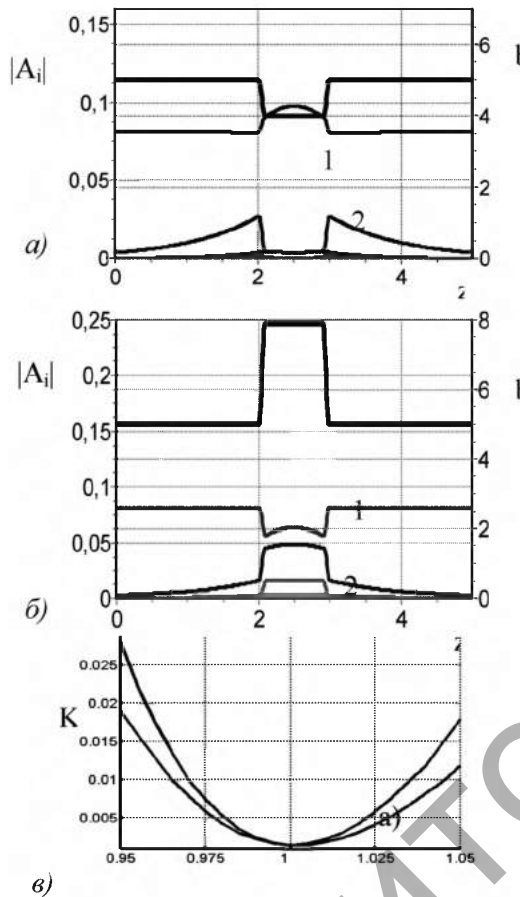


Рис. 2. Прохождение волны через не отражающую диафрагму с параметрами $D_\epsilon = 0,8$, $\Delta_k = 0,8$, $\epsilon = 2$, $b_0 = 5$,

а), б) амплитуды парциальных волн, 1 – A_1 ; 2 – A_2 ; 3 – A_3 . в) Зависимость коэффициента отражения от частоты.

Fig. 2. Wave passage through a non-reflecting diaphragm with parameters

$$D_\epsilon = 0,8, \Delta_k = 0,8, \epsilon = 2, b_0 = 5,$$

а), б) Amplitudes of partial waves 1 – A_1 ; 2 – A_2 ; 3 – A_3 . в) Dependence of reflectivity vs. frequency

III. Заключение

Решена задача о подборе компенсатора отражения симметричной Н-волны круглого волновода от «тонкого» диэлектрического окна в виде резонансной канавки или выступа совмещенных с диэлектрической пластиной.

Найдены параметры такого компенсатора, при которых реализуется резонансный эффект, приводящий к практически полному прохождению рабочей H_{01} -волны через диэлектрическое окно разной тол-

щины и заданных значениях диэлектрической проницаемости.

IV. Список литературы

- [1] Кураев А. А., Наранович О. И., Синицын А. К. Согласование диэлектрической диафрагмы в круглом волноводе на моде H_{01} с помощью канавки-рефлектора // Доклады БГУИР 2008 №3(33). С. 59 — 65
- [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 THE DEVICE COMPENSATING REFLECTION OF H_{01} -WAVES OF ROUND WAVE GUIDE FROM DIELECTRIC WINDOW

Kurayev A. A., Naranovich O. I., Sinitsyn A. K.
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
6, P. Brovka Str., Minsk, 220027, Belarus

Abstract — The method of compensating of reflection of the symmetrical H-wave from the dielectric window by means of a bulge or groove, combined with the dielectric window, and organizing resonance system of type of the half-wave resonator is offered. Calculations for choice heights and steepness of a bulge and the groove, ensuring the underload reflection of a wave for the dielectric diaphragm of different thickness and inductivity given values are carried out.

II. Statement of a Problem and Results of Calculations

Passage of the symmetrical H-wave in the round waveguide partially filled with a dielectric in the shape of a diaphragm (Fig. 1) is considered. For compensating of reflection of a wave from a dielectric it is used a bulge or groove combined with the dielectric window. Falling H_{01} -wave is partially reflected from a dielectric, partially transits. It is necessary to select geometrical parameters L_k , h_k , Δ_k bulge or grooves for set thickness D_ϵ and the windows inductivity ϵ , ensuring the underload reflection of wave power.

At calculations the mathematical model and a method presented in [1, 2] were used. The geometrical sizes are reduced here in terms of $\lambda_0/2\pi$.

As calculations have shown for set thickness D_ϵ , a window inductivity ϵ and waveguide radius b manage to select bulge or groove geometry at which the system «reflector-diaphragm» organizes the half-wave transformer and a wave reflectivity on a power it appears less than one percent.

Both for a bulge and for a groove the resonance height h_k noticeably decreases with steepness magnification Δ_k side walls. Thus the resonance height of a bulge is much less, than the corresponding height of a resonance groove. At small steepness $\Delta_k < 0,6$, even for thin diaphragm $D_\epsilon = 0.4$ with $\epsilon = 2$, a reflectivity close to zero is gained at height of a groove equal to the sizes of a waveguide. Therefore for reflection neutralization it is expedient to use a groove and a salient with great ($\Delta_k < 0,7$) steepness lateral walls.

The resonance height as a bulge and a groove grow at magnification of a radius of a waveguide, a thickness of the dielectric insertion D_ϵ and inductivity ϵ .

Process of passage of a wave through a diaphragm with a resonance bulge and a groove is illustrated by fig. 2. $|A_i(z)|$ - amplitudes of partial waves [1,2]. If on a bulge in a dielectric the basic wave is maximum, and supercritical ones are practically absent, then supercritical waves reach the considerable amplitude on a groove in a dielectric.