

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛЬТРОВ СИММЕТРИЧНЫХ H_{01} -ВОЛН

Наранович О. И., Синицын А. К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, г. Минск, 220013, Беларусь
тел.: 80163-499079, e-mail: narok@tut.by

Аннотация – На основе решения задачи синтеза продольного профиля стенки волновода найдены параметры и исследованы характеристики Брэгговских фильтров в виде канавки и периодического гофра для симметричной H_{01} -волны круглого волновода.

I. Введение

Рассматриваемые в докладе отражающие фильтры Брэгговского типа, в которых волны преобразуются и интерферируют на неоднородностях профиля волновода нашли полезное применение в мощных электровакуумных генераторах при реализации открытых с двух сторон для прохождения электронного потока резонаторов. Обеспечить требуемые характеристики указанных устройств удается за счет синтеза продольного профиля стенки волно-

вода на основе оптимизационных процедур и решения краевой задачи для уравнений Максвелла.

Для решения выше обозначенных волноводных задач в [1, 2] предложена процедура решения, удачно совмещающая метод преобразования координат, последующее сведение к системе ОДУ на основе метода прямых и метода блочной матричной прогонки, эффективно реализующей прямой метод Гаусса с выбором главного элемента.

В настоящей работе с помощью этого метода найдены геометрические параметры фильтров в виде резонансной канавки определенной конфигурации и в виде периодического гофра, обеспечивающих практически полное отражение H_{01} – волны при радиусах волновода, непрозрачных для H_{02} – волны.

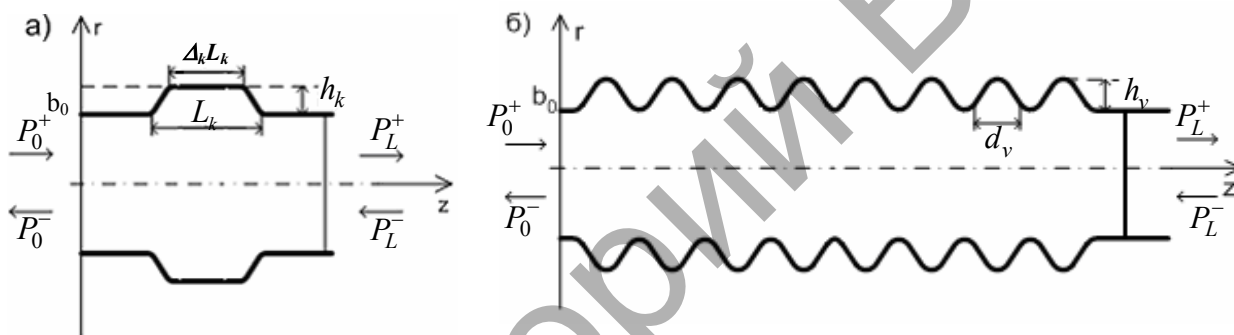


Рис. 1. Геометрия рассматриваемых фильтров:
а) фильтр в виде канавки, б) фильтр в виде отрезка синусоидального гофра.

Fig. 1. Geometry of considered filters:
a) The filter as a groove, б) the filter as a sine wave corrugation piece

II. Основная часть

Параметры h_k, L_k, h_v, d_v фильтров, представленных на рис.1, подбираются из условия максимума коэффициента отражения $K = 1 - P_L^- / P_0^+$. Для значений радиуса волновода b_0 в пределах $3.83 < b_0 < 7.016$ производился оптимизационный поиск параметров, при которых обеспечивается максимальное отражение H_{01} -волны. Расчеты показали, что для любого значения b_0 в рассматриваемом диапазоне существуют параметры фильтров при которых обеспечивается практически полное ($K > 0.995$) отражение.

Особенности фильтров в виде резонансной канавки. При фиксированных Δ_k, L_k с увеличением b_0 глубина h_k резонансной канавки монотонно уменьшается (рис.2а). При уменьшении ширины канавки L_k ее высота возрастает. С увеличением крутизны стенки канавки ($\Delta_k \uparrow 1$) при фиксированной ширине ее высота уменьшается до некоторой предельной величины. При $\Delta_k \rightarrow 0$ высота отражающей резонансной канавки становится неприемлемо большой. Так, для $b_0 = 5.5, L_k = 5.5$ при $\Delta_k \leq 1, h_k = 2.5$, а при $\Delta_k = 0, h_k = 7.6$. Высота резонансной канавки такова, что обеспечивает открытие возбуждаемой H_{02} – моды с амплитудой,

сравнимой с амплитудой основной волны, причем ее пучность попадает примерно на центр канавки.

Особенности фильтров в виде n_v -периодического синусоидального гофра. При найденном оптимальном периоде d_v с увеличением глубины h_v коэффициент отражения K монотонно возрастает. Исследована зависимость от b_0 оптимального периода d_v и значение глубины гофра h_v при $K = 0.995$. Получена немонотонная зависимость глубины гофра от b_0 , а также имеется скачок зависимости $d_v(b_0)$ при $b_0 \sim 5$, рис.2б. При удалении от границы $b_0 = 3.83$ полосы прозрачности период монотонно убывает, а требуемая глубина гофра возрастает до значений, превосходящих радиус волновода. Начиная с $b_0 > 4.5$, высота гофра такова, что внутри него открывается H_{02} -волна и h_v превосходит радиус волновода.

Если при такой высоте перейти на величину периода, соответствующего резонансу одной синусоидальной канавки ($\Delta_k = 0$), то уже первая канавка гофра обеспечивает требуемое ослабление волны. С увеличением b_0 постепенно ослабляют волну все гофры фильтра и их глубина уменьшается.

Как и следовало ожидать, фильтры в виде одной резонансной канавки имеют очень узкую полосу от-

RESEARCH OF GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF SYMMETRIC H_{01} -WAVES FILTERS

Naranovich O. I., Sinitsyn A. K.
 The Belarus State University of Computer Science
 and Radio Electronics
 6, P. Brovki, Minsk, 220013, Byelorussia
 Ph.: 80163-499079, e-mail: narok@tut.by

Abstract – Tasks of synthesis of a longitudinal structure of a wave-guide wall and characteristic Bragg filters as a groove and periodic corrugation for a symmetric H_{01} -wave of a round wave-guide are investigated in this report.

I. Introduction

Reflecting Bragg-type filters considered in the report have found useful application in powerful electro vacuum generators for realization of two-side open ones for passage of an electronic stream of resonators. Waves in the filters are transformed and interfered on wave-guide structure heterogeneity. It is possible to provide required characteristics of the specified devices due to synthesis of a longitudinal structure of a wave guide wall on a basis optimization procedures and solution of a boundary-value problem for Maxwell equations.

To solve the above wave-guide problems in [1,2], the procedure of the solution successfully combining a method of transformation of coordinates, the subsequent data for the ODE system is offered on the basis of the method of straight lines and the block matrix sweep method effectively realizing direct Gaussian method with a choice of the main element. In the present work with the help of this method geometrical parameters of filters, as a resonant groove of the certain configuration and as a periodic corrugation providing practically full reflection of H_{01} -waves at radiuses of a wave guide, opaque for H_{02} -waves, are found.

II. Main Part

Parameters h_k, L_k, h_v, d_v of the filters presented on Fig. 1 are selected from a condition of a maximum of factor of $K = 1 - P_L^+ / P_0^+$ reflection. Optimization search of parameters was made for values of radius of a wave guide b_0 within the limits of $3.83 < b_0 < 7.016$, the maximal reflection of the H_{01} -wave is provided for this case. Calculations have shown, that there are parameters of filters for any value b_0 in the considered range; it provides practically full ($K > 0.995$) reflection.

Features of filters as a resonant groove. At fixed Δ_k, L_k with increase b_0 depth h_k a resonant groove monotonously decreases. At reduction of width of groove L_k its height grows. With increase in a steepness of walls of a groove ($\Delta_k \uparrow 1$) at the fixed width its height decreases up to some limiting size.

Features of filters as n_v -periodic sine wave corrugation. At the found optimum period d_v , with increase in depth h_v the factor of reflection K monotonously grows. Dependence from b_0 the optimum period d_v and value of depth corrugation h_v is investigated at $K=0.995$. At distance from border $b_0=3.83$ strips of a transparency the period monotonously decreases, and required depth of corrugation grows up to the values surpassing radius of a wave-guide. Since $b_0 > 4.5$, the height corrugation is that H_{02} -wave is inside of it. If pass at such height to the period value appropriate to resonance of one sine wave groove ($Dk=0$), the first corrugation groove provides required wave easing. With increase b_0 all filter corrugations gradually weaken a wave, and their depth decreases. As one would expect, filters as one resonant groove have very narrow strip of reflection of 1-4 % at level $K > 0.8$. The strip is narrowed at reduction of height of a groove and increase b_0 . The strip of reflection at level $K > 0.8$ periodically changes corrugation filters within the limits of 5-12 %.

III. Conclusion

The analysis of variants of filters of the considered configuration shows, that for any radius of a wave guide b_0 at which distribution only H_{01} -waves is provided, it is possible to pick up values of the parameters providing the required level of reflection in a strip up to 10 %.

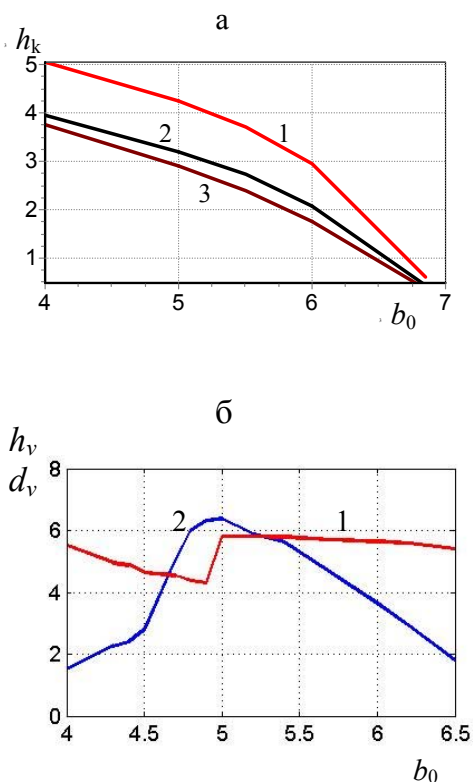


Рис. 2. Зависимость параметров заграждающих фильтров от радиуса волновода:

а – фильтр в виде одной канавки, $\Delta_k=0.7$;
 кривые 1 - $L_k=4.5$, 2 - $L_k=5.5$, 3 - $L_k=6.5$;
 б – фильтр в виде 8 синусоидальных гофров;
 кривые 1 - d_v , 2 - h_v .

Fig. 2. Dependence of parameters of blocking filters on radius of a wave-guide

ражения 1-4% на уровне $K > 0.8$. Полоса сужается при уменьшении высоты канавки и возрастании b_0 . Полоса отражения на уровне $K > 0.8$ периодически гофрированного фильтра изменяется в пределах 5-12%.

III. Заключение

Анализ вариантов фильтров рассмотренной конфигурации показывает, что для любого радиуса волновода b_0 , при котором обеспечивается распространение только H_{01} – волны, можно подобрать значения параметров, обеспечивающих требуемый уровень отражения в полосе до 10%.

IV. Список литературы

- [1] Синицын А. К. Метод блочной матричной прогонки для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Доклады БГУИР, 2007, № 1 (17), с. 30.
- [2] Наранович О. И., Синицын А. К. Программная реализация решения двумерного уравнения эллиптического типа методом блочной матричной прогонки на стеках. – Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ - 2007»: Материалы 3-ей междунар. молодежной науч.-техн. конф., 16-21 апреля 2007 г. – Севастополь: изд-во СевНТУ, 2007. – с. 306.