

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПРИБОРОВ СО СКРЕЩЕННЫМИ ПОЛЯМИ

Зиньковский В. Н., Никитенко А. Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина 14, Харьков - 61166, Украина

тел.: 380-0577-021-331, e-mail: library@kture.kharkov.ua

Аннотация – Одним из главных вопросов, представляющих практический интерес для специалистов в области электроники и электродинамики СВЧ, является вопрос о проектировании замедляющих систем приборов М-типа с наперед заданными характеристиками, установлением предельно допустимых отклонений (полей допусков) на размеры замедляющей системы и т.п. Среди перспективных решений можно отметить направления, связанные с созданием систем автоматизированного проектирования, которые позволяют работать с программами проектирования пользователям-непрограммистам. Поэтому для полноценной эксплуатации программ проектирования замедляющих систем приборов со скрещенными полями целесообразно иметь систему, позволяющую работать с этими программами разработчикам приборов М-типа. Такая система должна быть удобной и естественной для проектировщика и учитывать индивидуальные особенности и стиль его работы. В настоящее время системы автоматизированного проектирования приборов М-типа и их узлов отсутствуют. В связи с этим проблема создания подобных систем актуальна и диктуется проблемами практики. Здесь приводится одна из составных частей такой системы: проектирование замедляющих систем.

I. Введение

Замедляющие системы СВЧ, используемые в электронных приборах, предназначены для создания условий, при которых распространяющаяся электромагнитная волна могла бы наиболее интенсивно взаимодействовать с движущимся электронным потоком.

Экспериментально установлено, что наилучшие условия взаимодействия электронов с полем создаются в тех случаях, когда скорость электронов и фазовая скорость волны близки друг к другу.

Основная роль замедляющих систем состоит в накоплении высокочастотной энергии и фиксации частоты колебаний. Замедляющая система может быть уподоблена фильтру с узкой полосой пропускания, который из всех частот, связанных с электронным потоком, выделяет одну определенную [1].

Одной из самых важных характеристик замедляющих систем является ее дисперсионная характеристика, то есть зависимость фазовой скорости распространяющейся вдоль этой системы волны от частоты.

По дисперсионной характеристике можно оценивать значения частотного разделения между видами колебаний, возможную ширину линейной настройки прибора со скрещенными полями, парциальное влияние конструктивных параметров системы на разделение видов по частоте и на знание диапазона настройки, где ожидают стабильную работу магнетона.

II. Проектирование замедляющих систем

Проектирование и расчет характеристик замедляющих систем приборов со скрещенными полями проводится при помощи двух существенно отличающихся методов:

- методом теории поля, который построен на решении уравнений Максвелла для замкнутого объ-

ема сложной формы. При этом рассчитывается спектр резонансных частот и составляющие электромагнитного поля в пространстве взаимодействия магнетрона;

- методом эквивалентных схем, который строится на решении уравнений Кирхгофа для замкнутой цепочки резонаторов.

Метод эквивалентных схем не позволяет вычислить резонансные частоты с высокой степенью точности. Этот метод дает только качественное представление о частоте спектра, а именно об основной (первой) группе резонансов.

Исходя из вышеизложенного, расчеты дисперсионных характеристик проводились при помощи теории поля.

Исследование замедляющей системы прибора со скрещенными полями предполагает определение возможных конфигураций высокочастотного поля в пространстве взаимодействия, нахождение спектра собственных частот и установление зависимости его от геометрических параметров замедляющей системы [1].

Здесь мы ограничимся только нахождением спектра собственных частот в зависимости от геометрических параметров замедляющей системы. Для определения такой характеристики замедляющих систем, исходя из метода теории поля, необходимо решить резонансное уравнение, которое в общем виде можно записать

$$Y_n + Y_r + Y_a = 0,$$

где Y_n - проводимость пространства взаимодействия;

Y_r - проводимость резонаторов;

Y_a - дополнительная проводимость, при помощи которой, если необходимо учитывают проводимости связей, вывода энергии, стабилизирующих резонаторов и т.п.

Корни вышеприведенного уравнения для различных пар сегментов определяют дисперсионную характеристику замедляющих систем приборов со скрещенными полями.

Каждое из слагаемых резонансного уравнения имеет довольно громоздкую запись, которая приведена в [1, 2]. Резонансное уравнение было решено для систем резонаторов различной формы:

- система типа "щель-отверстие";
- система типа "сектор-отверстие";
- система "лопаточного" типа;
- система "лопаточного" типа со связками.

Сравнение теоретически полученных дисперсионных характеристик с результатами эксперимента дало расхождения, не превышающее 8%. Расчет дисперсионных характеристик методом теории поля выгодно отличается от решений, полученных с использованием методов конечных элементов [3].

Однако программы, по которым проводились вычисления дисперсионной характеристики замедля-

ющей системы магнетронов довольно громоздки и неудобны для пользователей-непрограммистов. Поэтому для возможности работы с этими программами пользователей-непрограммистов разработана система, позволяющая в диалоговом режиме рассчитывать дисперсионные характеристики замедляющих систем магнетронов с любой конфигурацией резонаторов.

Система автоматизированного проектирования замедляющих систем магнетронов состоит из двух независимых подсистем:

– диалоговой подсистемы, которая в процессе работы определяет конфигурацию замедляющей системы, интересующую группу резонансов и т.п. Исходя из этого, в расчетной части системы выбираются необходимые подпрограммы. Диалоговая подсистема написана на языке процедур REXX с использованием системы панелей;

– расчетной подсистемы, которая в процессе работы по заранее определенной конфигурации замедляющей системы, выбирает из библиотеки объектных программ модули, которые необходимы для расчета дисперсионной характеристики для выбранной конфигурации замедляющей системы. Расчетная подсистема написана на языке FORTRAN с использованием библиотеки объектных модулей.

III. Заключение

Разработана система, позволяющая пользователям проектировать замедляющие системы магнетронов с заранее определенными параметрами, определять влияние конструктивных параметров замедляющих систем приборов со скрещенными полями и их отдельных составляющих на дисперсионную характеристику, а также использовать в учебном процессе при подготовке специалистов в области электроники и электродинамики СВЧ.

IV. Список литературы

- [1] *Магнетроны* сантиметрового диапазона. т.1. пер. с англ. под ред. С. А. Зусмановского. М., Советское радио, 1950, 420 с.
- [2] *Нікітенко О. М.* Проектування резонансної системи магнетронів в'язками // Радіотехніка, Всеукраїнський міжведомственный научно-технічний збірник, вип.109, Харків, С. 103 – 111
- [3] *Sakiyama K., Kotera H., Ahagon A.* Analysis of magnetron cavity resonator by three-dimensional electromagnetic eigenvalue calculation technique based on finite element method //Денкі гаккай ромбунсі А. - 1990. - N 9. - с. 584 - 590. - Яп.

SLOW-WAVE STRUCTURES' PERFORMANCES OF CROSSED-FIELD DEVICES

Zinkivsky V. N., Nikitenko O. M.
Kharkiv National University of Radioelectronics
Lenin ave. 14, Kharkiv - 61166, Ukraine
Ph.: 380-0577-021-331,
e-mail: library@kture.kharkov.ua

Abstract – The most important problem, which represent of practical interest for specialists of UHF electronics and electrodynamics, is problem for design of M-type tubes slow-wave structure with preliminary determined characteristics, determination of limits (field tolerance) for slow-wave structure dimensions and etc. Among perspective solution it can mark branches coupled with creation computer-aided design which provide the operation of design programs to usual users.

Now computer-aided design of M-type tubes and their components aren't exist. In this connection the problem of the creation of similar systems is actual and dictate by practical tasks. Here it is shown one of component part such system: design of slow-wave structure.

I. Introduction

Slow-wave structure, which using in electron devices, is intended to create conditions when propagating electromagnetic wave can the most intensive to interact with moving electron beam.

It is found experimentally that the best conditions of electron interaction with field define in those causes when electron velocity and phase wave velocity close one to other.

The principal part of slow-wave structure is to accumulate the high-frequency energy and fixation of oscillation frequency. The slow-wave structure may become like filtre with narrow bandpass that from all frequencies connecting with electron beam discriminate definite one [1].

The most important characteristics of slow-wave structure are its dispersion characteristic, i.e. function of phase velocity propagating wave along this structure versus frequency.

II. Slow-Wave Structure Design

The desing and the simulaiton of characteristics of magnetron's slow-wave structure carry out using two essentially different methods:

- field theory method, which is based by solution of Maxwell's equations for composite cavity. It is calculated resonance frequency spectrum and components of electromagnetic field in magnetron's interaction space;

- dual circuit method, which is based by solution of Kirchhoff's equations for made circuit or resonators.

Dual circuit method isn't allowed to calculate the resonance frequencies to a high precision. This method is allowed only qualitative representation about frequency spectrum, that is about fundamental (first) resonance group.

Here we limit only determination of own frequency spectrum versus geometry parameters of slow-wave structure. To find such characteristic of slow-wave structure, using field theory, it is necessary to solution of resonance equation, which in general cause it can written

The comparision between the dispersion chracteristics finding theoretically and the experimental results allows the discrepancy no more 8 %.

III. Conclusions

It is created the system which is allowed for users to design the magnetron slow-wave structures with earlier defined parameters, to define the influence of constructive parameters of magnetron slow-wave structures and their components to dispersion characteristics, and to use at studing when are learned the specialists to electronics and electrodynamics.