

УЧЕТ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИБОРОВ СО СКРЕЩЕННЫМИ ПОЛЯМИ

А.В. ГАЛАГАН, А.А. ШАДРИН

В докладе рассмотрены особенности поведения электронного потока в постоянных скрещенных полях цилиндрического магнетронного диода, обнаруженные при численном моделировании методом крупных частиц. С помощью трехмерной математической модели исследовалась одновременно полная окружность цилиндрического диодного промежутка. Поле пространственного заряда рассчитывалось с учетом граничных условий на торцевых экранах, находящихся под катодным потенциалом. В модели также представлены такие аксиальные неоднородности, как наклон постоянного магнитного поля, ограниченная высота анодного цилиндра, неравномерная термо- и вторично-электронная эмиссия. Для исследования колебаний пространственного заряда модель дополнена алгоритмами анализа Фурье и вычисления автокорреляционной функции суммарного конвекционного тока, а также тока через площадки-зонды.

Расчеты показали, что распределение электростатического поля в пространстве между электродами представляет собой потенциальную яму, глубина которой увеличивается при перемещении от катода к аноду. Благодаря спектральному и корреляционному анализу удалось обнаружить аксиальные колебания пространственного заряда и установить характер их взаимодействия с азимутальными циклотронными колебаниями. Изучение динамики электронного потока при наклоне магнитного поля показало, что траектории электронов имеют винтообразную форму, благодаря чему происходит снос заряда к противоположным концам пространства. Цилиндрическая электронная втулка приобретает форму эллиптического цилиндра, ось которого сонаправлена с вектором индукции магнитного поля. В местах максимального удаления границы втулки от катода образуются две аномальные области, отличающиеся мощной обратной бомбардировкой катода и высокой температурой заряда. При увеличении наклона магнитного поля аномальные области смещаются в азимутальном направлении и расширяются в аксиальном, двигаясь навстречу друг другу. Работа магнетронного диода изучалась также с помощью анализа однопоточного состояния заряда. Процессы в аномальных областях, волнообразное движение электронов, неоднородная плотность заряда могут, очевидно, быть причиной резкого изменения условий возбуждения определенных видов колебаний генератора со скрещенными полями при наклоне постоянного магнитного поля.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ГАРМОНИК В АМПЛИТРОНЕ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

А.В. ВАСЯНОВИЧ, Г.И. ЧУРЬМОВ

Отсутствие подробного исследования процесса генерации высших временных гармонических составляющих сигнала основной рабочей частоты в амплитроне сужает диапазон теоретического исследования этого прибора, а главное - не позволяет прогнозировать уровни гармоник на этапе проектирования. Связано это с особенностями, присущими усилителям обратной волны, а именно, движение электронного потока происходит навстречу распространению электромагнитной энергии. В силу этого при моделировании возбуждения гармоник в амплитроне приходится отказаться от квазипериодического приближения и рассматривать процесс усиления на всем пространстве взаимодействия [1].

В предлагаемом докладе процесс генерации гармоник в амплитроне исследуется при помощи многопериодной численной модели [2], основу которой составляет самосогласованная система интегродифференциальных уравнений движения, возбуждения и уравнения Пуассона для расчета поля пространственного заряда. Отличительными особенностями модели являются рассмотрение процессов одновременно на всей длине усилителя, включающей пространство взаимодействия и пространство дрейфа; использование метода крупных частиц; нахождение истинной траектории каждой частицы; исследование процесса взаимодействия в усилителе цилиндрической конструкции.

Расчитаны уровни второй, третьей и четвертой гармоник в установившемся режиме, приведено их распределение вдоль пространства взаимодействия, а также показана зависимость уровней данных гармоник от электрического режима работы. Расчеты проводились с учетом наличия дисперсии в основной и высших полосах пропускания и изменения сопротивления связи.

Полученные результаты представляют практический интерес для разработчиков, занимающихся проблемой улучшения основных параметров усилителей М-типа обратной волны.

Литература

1. Васянович А.В., Чурьмов Г.И. К вопросу о генерации гармоник в усилителях обратной волны // Тез. докл. X Всесоюз. науч. конф. Электроника СВЧ. Минск. 1983. С. 168.
2. Васянович А.В. Численная модель многочастотного взаимодействия в усилителях М-типа с распределенной эмиссией // Радиотехника. 1987. Вып. 80. С. 90-97.