

**П.И. Акимов, С.Г. Асташов, Д.А. Калашников, Г.В. Мельничук,
В.Н. Сигалаев**
ФГУП «НПП «Торий»

Результаты моделирования процессов настройки резонаторного блока предельно-волноводного магнетрона

Представлены результаты моделирования настройки частот анодного блока и резонаторного устройства, а также моделирование настройки продольного распределения ВЧ поля в рабочей области.

Ключевые слова: предельно-волноводный магнетрон, настройка электродинамической системы

Предельно-волноводный магнетрон уже давно используется как генератор, обеспечивающий высокие значения импульсной и средней выходной мощности в диапазоне СВЧ. Магнетроны в качестве генераторов применяются в линейных ускорителях, которые используются в сфере стерилизации медицинской и пищевой промышленности. Несмотря на значительный опыт, накопленный при разработке таких приборов, ряд вопросов еще находятся в процессе их решения, в частности, проблемы надежности и долговечности. При большой энергии в импульсе долговечность напрямую зависит от удельной мощности электронной бомбардировки поверхностей анода и катода, а последняя – от степени однородности распределения высокочастотного поля в электродинамической системе [1].

Для получения требуемой частоты основного вида и однородности поля на практике производится настройка прибора путем изменения зазоров между связками. Деформация связок осуществляется механическим способом (с использованием керна и киянки). При данной методике настройки результат можно спрогнозировать лишь качественно, к тому же существует большая вероятность смыкания связок.

Основной целью работы является моделирование процесса настройки мощного предельно-волноводного магнетрона с использованием методики и программ трёхмерного анализа для определения взаимосвязи деформации связок со смещением рабочей частоты. Основные параметры прибора: частота рабочего вида 1885 МГц, выходная импульсная мощность 10 МВт, выходная средняя мощность 20 кВт, исходная гарантированная долговечность – 2000 ч. Внешний вид прибора показан на рис. 1.

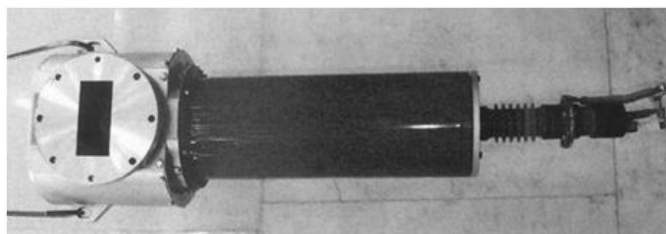


Рисунок 1

Электродинамическая система магнетрона МИ-470 состоит из 15 одинаковых и 2-х концевых анодных колец.

Перед пайкой анодных блоков производится их настройка. Требуемая рабочая частота получается путем изменения величины зазора между связкой и ламелью, посредством изменения глубины канавок [2]. В процессе проводимого компьютерного исследования была создана трехмерная модель анодного кольца, изображенная на рис. 2 (с изменяющимся параметром a_1 , равным глубине канавки), позволившая провести расчеты и анализ зависимости частоты от глубины канавки.

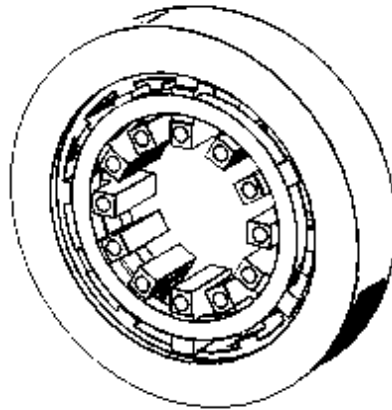


Рисунок 2

На рис.3 показан продольный разрез анодного блока магнетрона, где a_1 -глубина канавки

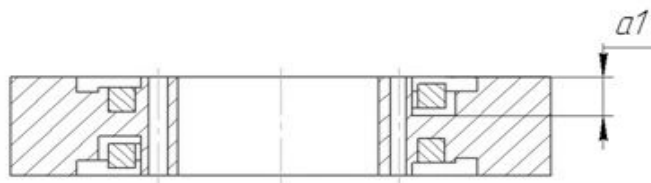


Рисунок 3

На рис. 4 представлена зависимость собственной частоты от глубины канавки, полученная в результате моделирования

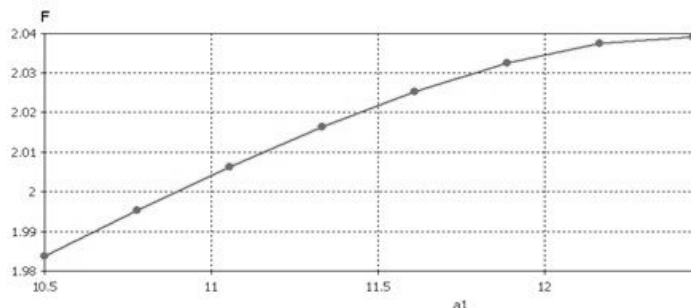


Рисунок 4

Настройка магнетрона после пайки анодных блоков осуществляется путем изменения зазоров между связками. Для решения этой задачи проводилось исследование

изменения частоты при деформации краевой пары связок и деформация пар связок вдоль прибора, а также влияния деформации на распределение поля.

На рис. 5 показана зависимость частоты одного блока от деформации одного сегмента, где а – результат, полученный при «холодных измерениях», б – в результате моделирования.

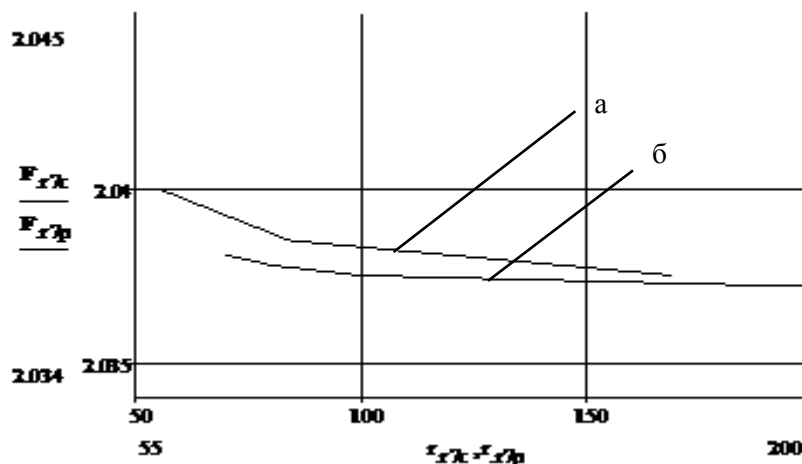


Рисунок 5

Следует отметить, что различия между результатами трёхмерного моделирования и полученными при холодных измерениях составляют около 1 МГц (0,05% от рабочей частоты): что меньше погрешности измерительного прибора (1,5 МГц).

Построенная по результатам расчета зависимость частоты от величины деформации связок приведена ниже на рис.6. (а - сужение, б – растяжка).

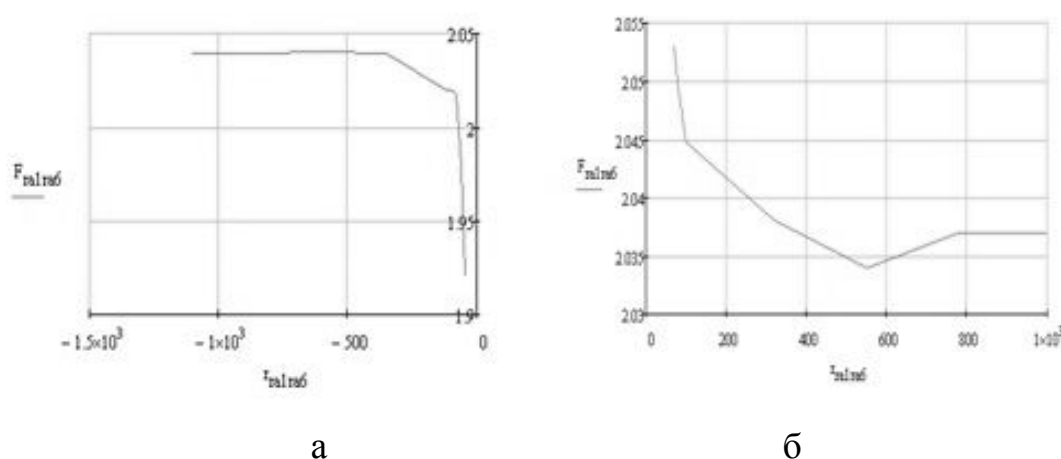
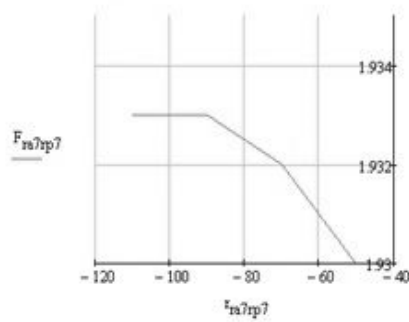
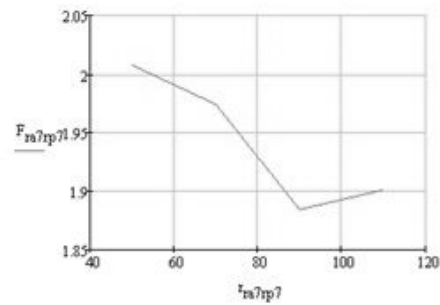


Рисунок 6

На рис.7. представлены результаты анализа при моделировании зависимости частоты резонаторного блока от величины деформации верхних сегментов всех блоков из регулярной части, расположенных в одном азимутальном положении, где а - сужение, б - растяжка.



а



б

Рисунок 7

Далее было проведено моделирование распределения ВЧ поля. Результат представлен на рис. 8.

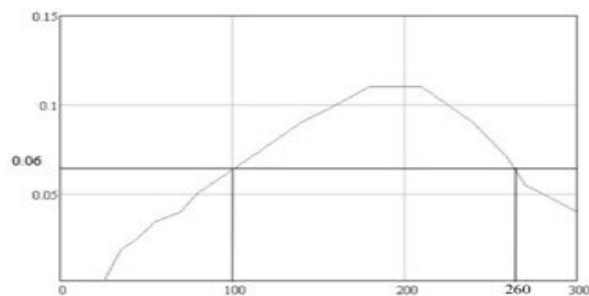


Рисунок 8

Для данного распределения величина коэффициента равномерности ВЧ поля составила 0,65, что заметно превышает результаты, получаемые при холодных измерениях.

В результате проведенного исследования была отработана методика моделирования процесса холодной настройки электродинамической системы на разных этапах производства прибора. Полученные данные позволяют оператору количественно спрогнозировать результаты настройки. Чтобы деформация была контролируемой, проектируется конструкция оправки.

Библиографический список

1. Рычков Ю.М. «Электронные приборы СВЧ», Гродно: ГрГУ, 2002г., 103с.
2. Акимов П.И., Калашников Д.А., Мельничук Г.В., Сенатов О.И., Сигалаев В.Н. «Особенности работы электродинамической системы предельно-волноводного магнетрона вблизи ее критической частоты», Москва, журнал «Радиотехника и электроника», издательство Наука, 2011 г., т. 56, №12, с. 1511-1513.