

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАГНЕТРОНОВ

Гурко А. А., Чистяков К. И.  
ОАО «Владыкинский механический завод»  
58, Дмитровское ш., Москва, 127238, Россия  
E-mail: mosvmz@mail.ru

*Аннотация* — Описаны метрологические способы экспериментальной оценки соответствия реальных колебательных систем магнетрона допустимым пределам «разрушения» спектра пространственных гармоник высокочастотного поля замедляющей системы.

## I. Введение

При проектировании магнетрона ожидаемая величина контурного к.п.д. ( $\eta_k$ ) определяется на основании расчетных значений собственной добротности  $Q_0$  и величины вносимого выводом энергии сопротивления взаимодействия и удаления рабочей точки по магнитному полю от параболы критических режимов [1]. Технологическим процессом серийного производства магнетрона предусмотрен (на разных его стадиях) только контроль параметров резонансной кривой рабочего вида колебаний, чего недостаточно для прогнозирования величины  $\eta_s$ . Декларируемое в литературе влияние отклонения картины распределения в пространстве взаимодействия высокочастотного поля от «симметричной» на уменьшение  $\eta_s$  не находит отражения в реальном процессе изготовления магнетрона. Попытки определять асимметрию в.ч. поля пространства взаимодействия с последующей корреляционной оценкой работоспособности магнетрона оказались настолько субъективными, что в современной практике разработки и производства магнетронов этот способ практически не применяется.

Цель данного сообщения – ознакомить разработчиков магнетронов с контрольными метрологическими операциями технологического процесса изготовления магнетронов.

## II. Основная часть

Одной из наиболее распространенных и практически неконтролируемых причин так называемого скрытого брака при производстве магнетронов, является конструкция вывода энергии. Существующие инженерные способы расчета не позволяют определить геометрическую длину трансформатора сопротивления, соответствующую четвертьволновой электрической длине. При отклонении номинальной геометрической длины трансформатора от четвертьволновой электрической увеличивается влияние допусков отклонения выполнения геометрических размеров на величину реактивной составляющей вносимого сопротивления, вызывающей «разрушение» спектра пространственных гармоник. Происходящее при этом уменьшение амплитуды синхронной (рабочей) гармоники приводит к падению  $\eta_s$  (вплоть до нестабильной генерации рабочего вида колебаний вследствие снижения конкурентоспособности). Экспериментальная корректировка расчетной длины трансформатора по результатам оценки выходных параметров магнетрона весьма сложна (и трудоемка) вследствие их зависимости от большого количества факторов. И хотя изложенная в [2] методика оптимизации параметров трансформатора со-

противлений позволяет на стадии разработки магнетрона осуществить объективную коррекцию его расчетной длины и оценку рабочей полосы частот, контроль сохранения параметров вывода энергии в серийном производстве магнетронов миллиметрового диапазона длин волн остается более чем желательной операцией. Вынуждает к этому рост относительных погрешностей исполнения номинальных размеров деталей. Похожая ситуация складывается и в низковольтных маломощных магнетронах коротковолновой части сантиметрового диапазона длин волн, характеризующихся малой величиной вносимого сопротивления.

Изложенные в [2] способы оценки рабочей полосы четвертьволнового трансформатора могут быть трансформированы в способы оперативного экспресс-контроля параметров вывода энергии в процессе изготовления магнетрона по принципу «годен-негоден». В качестве критерия принимается степень «разрушения» спектра пространственных гармоник однородной системы, параметр, наиболее чувствительный к величине реактивной составляющей вносимого выводом энергии сопротивления и легко поддающийся оценке на низком уровне мощности.

Высокочастотное поле в пространстве взаимодействия равнорезонаторной системы может быть представлено суммой гармоник Хартри с номерами  $\gamma = n + mN$  ( $N$  - количество резонаторов;  $n$  - номер вида колебаний;  $m$  - целые числа в интервале  $-\infty \dots \infty$ ). «Если теперь в структуру внести неоднородность, выражение для гармоник будет  $\gamma = n + m$ » [3]. Появление дополнительно пространственных гармоник, локализованных у поверхности анодного отверстия в совокупности с одновременным уменьшением парциального вклада основной волны в суммарное высокочастотное поле приводит к уменьшению изменения частоты при постановке катода. С целью уменьшения влияния на величину приращения частоты невоспроизводимости аксиальной установки катода целесообразно использовать имитатор катода без концевых экранов. Наибольшее приращение частоты в диапазоне рабочих частот присуще магнетрону при чисто активном характере вносимого сопротивления. На рис. 1 представлена эта зависимость при неоднородности в виде изменения радиуса периферийной стенки резонатора. Параметры резонаторной системы: количество резонаторов  $N = 32$ , номер рабочего вида колебаний  $n = 6$ , радиус анода  $r_a = 1.6$  мм, радиус катода  $r_k = 1.0$  мм.

В разнорезонаторном магнетроне наибольшей реакцией на изменение характера вносимого выводом энергии сопротивления обладает 0-составляющая высокочастотного поля пространства взаимодействия. «Реактивность» вывода энергии приводит к частичной трансформации 0-составляющей высокочастотного поля пространства взаимодействия в структуры типа  $H_{11}$  или (и) ТЕМ, распространяющиеся по коаксиальному волноводу, образованному катодным вводом и полюсным наконечником. Поэтому при

постановке катода появляются потери излучения через катодный ввод, приводящие к уменьшению собственной добротности рабочего вида колебаний, и уменьшается положительное приращение частоты  $\Delta f$  вида колебаний.

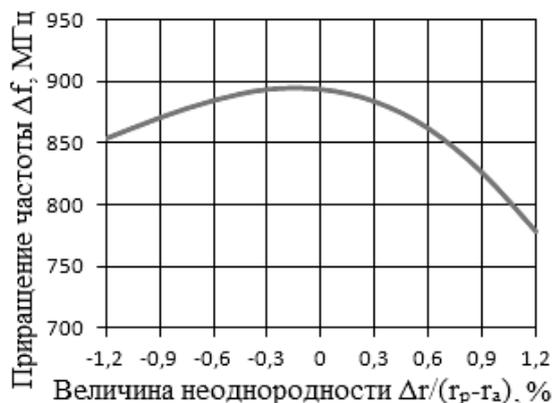


Рис. 1. Зависимость приращения частоты при постановке катода от величины неоднородности в одном из резонаторов.

В коаксиальном магнетроне реактивная составляющая вносимого сопротивления вызывает появление в интегральном высокочастотном поле рабочего вида колебаний стабилизирующего резонатора (СР) парциальной составляющей с азимутальным числом единица. Ее парциальный вклад определяется по изменению собственной добротности вида колебаний  $H_{011}$  СР при удалении из СР поглотителя вида колебаний  $H_{121}$  или (и) поглотителя, расположенного в запоршневой полости. Парциальная составляющая с отличным от нуля азимутальным числом в рабочем поле СР, проникая в запоршневую полость механизма перестройки частоты может провоцировать возбуждение запоршневого резонанса.

По очевидным причинам количественное значение критерия допустимого «разрушения» спектра пространственных гармоник не может быть универсальным и должно для каждого типа магнетрона

определяться в процессе проведения ОКР. Очевидно также, что конструктивные изменения колебательной системы магнетрона, влекущие за собой изменение интенсивности и характера распределения высокочастотного поля в пространстве взаимодействия, должны сопровождаться оценкой необходимости корректировки диаметра имитатора катода и количественного значения критерия.

### III. Заключение

Предлагаемая методика контроля реализуется с помощью стандартной, используемой при изготовлении любого магнетрона, аппаратуры контроля параметров колебательной системы на низком уровне мощности, легко вписывается в типовой технологический процесс, позволяет оперативно исключать из производства образцы, попадающие в итоге в разряд технологических потерь.

### IV. Список литературы

- [1] Шлифер Э. Д. «Расчет многорезонаторных магнетронов». МЭИ. Москва. 1966.
- [2] A. A. Gurko, «Optimization of Magnetron Transformer Parameters». «Telecommunications and Radio Engineering», v.52, N 12, p.59-64. 1998.
- [3] Кеттлуэлл, «Некоторые вопросы характеристик нарастания колебаний в импульсных магнетронах». Сборник «Электронные сверхвысокочастотные приборы со скрещенными полями», т.2. Перевод под общей редакцией М.М. Федорова. Издательство иностранной литературы. Москва. 1961 г.

### CONTROL OPERATIONS PERFECTION OF MAGNETRONS MANUFACTURING TECHNOLOGICAL PROCESS

Gurko A. A., Chistyakov K. I.  
*Vladykinskiy mechanical plant, JSC*  
 58, Dmitrovskoye highway, Moscow, 127238, Russia  
 E-mail: mosvmz@mail.ru

*Abstract* — Real magnetron resonator systems metrological expedients of the conformity observational estimate to the spatial harmonics spectrum "fracture" tolerance limits of a slowing down system high-frequency field are featured.