

# РАСЧЕТ ДИСПЕРСИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНОДНЫХ БЛОКОВ МАГНЕТРОНОВ СО СВЯЗКАМИ В ОСНОВНОЙ И ВЫСШИХ ПОЛОСАХ ПРОПУСКАНИЯ

Никитенко О. М.<sup>1</sup>, Козорезов Г. Г.<sup>2</sup>, Чурюмов Г. И.<sup>1</sup>, Являнский И. Ю.<sup>1</sup>, Воловенко М. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина 14, Харьков, 61166, Украина

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

<sup>2</sup>НП ОАО "Фаза"

ул. Белорусская, 9, г. Ростов-на-Дону, 344065, Россия

тел. +7(863)252-57-43, e-mail: faza@donpac.ru

**Аннотация** — Одним из главных вопросов, представляющих практический интерес для специалистов и разработчиков вакуумных приборов СВЧ, является вопрос о проектировании замедляющих систем с наперед заданными электродинамическими характеристиками.

В работе рассматриваются электродинамические характеристики резонансных замедляющих систем (анодных блоков) со двойными двухсторонними связками, используемые в магнетронах. Приведен расчет дисперсионных характеристик в основной и высших (до 4-ой включительно) полосах пропускания анодных блоков магнетронов дециметрового диапазона. Определены геометрические размеры, оказывающие наиболее сильное влияние на разделение видов колебаний в магнетроне.

## I. Введение

При проектировании анодных блоков магнетронов очень важно определить влияние геометрических размеров конструкции не только на саму дисперсионную характеристику (ДХ), но и на такие важные с точки зрения эксплуатации магнетронов параметры резонаторной системы как разделение видов колебаний, смещение резонансных частот и т.п. как в основной полосе пропускания, так и в высших полосах. Особенно остро такая задача стоит для анодных блоков со связками в виду значительных методологических трудностей, которые приходится решать при моделировании электродинамических структур, обладающих сложной геометрией.

Целью данной работы является математическое моделирование ДХ анодных блоков со связками в основной и высших полосах пропускания для улучшения частотных параметров магнетронов.

## II. Модель анодного блока со связками

Математическое моделирование электродинамических характеристик анодных блоков магнетронов со связками проводится при помощи двух существенно отличающихся методов:

- методом теории поля (полевой метод), который построен на решении уравнений Максвелла для замкнутого объема сложной формы;
- методом эквивалентных схем, который основывается на решении уравнений Кирхгофа для замкнутой цепочки резонаторов.

Практика применения метода эквивалентных схем показала большую его погрешность при вычислении резонансной частоты анодного блока (порядка 20 %), а конечный результат его применения в значительной степени зависит от опыта исследователя и искусства выбора им эквивалентной схемы. В то же время данный метод обладает простой и наглядностью, дает понимание и хорошее

качественное совпадение электродинамических характеристик в основной полосе пропускания.

Для исследования и улучшения частотных параметров магнетронов важным является возможность количественного анализа электродинамических параметров не только в основной, но и в высших полосах пропускания. Такой подход возможно реализовать с помощью полевого метода исследования параметров анодных блоков со связками. Для этого конструкционные параметры анодного блока со связками условно можно поделить на две группы.

Первая группа параметров (основная) содержит такие параметры: количество резонаторов, диаметры катода, анода и ламелей, толщина ламели, высота анодного блока.

Вторая группа параметров (дополнительная) содержит параметры, которые относятся к конструкции связок: средний диаметр, расстояние между связками, их толщина и высота.

Исследование анодных блоков магнетронов со связками предполагает определение возможных конфигураций высокочастотного поля в пространстве взаимодействия, нахождение спектра собственных частот и установление его зависимости от геометрических параметров.

На рис. 1 представлено схематическое изображение ламели анодного блока.

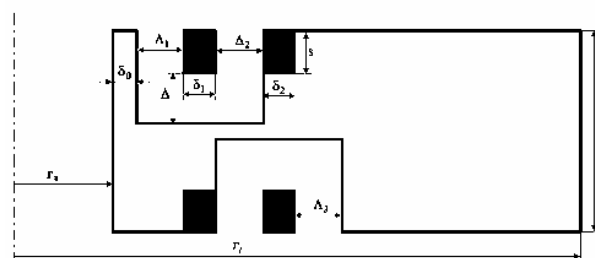


Рис. 1. Схематическое изображение ламели анодного блока с двухсторонними двойными связками.

Fig. 1. The anode structure schematic sketch

Основу математической модели анодного блока со связками составляет 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 связок, вывода энергии, стабилизирующих резонаторов и т.п.

Корни вышеприведенного уравнения для различных пар сегментов определяют ДХ анодного блока со связками.

Вычислительный эксперимент проводился для широко используемых магнетронов дециметрового диапазона, геометрические размеры которых в мм приведены в табл. 1, 2.

Табл. 1. Размеры первой группы

Table 1. First group dimensions

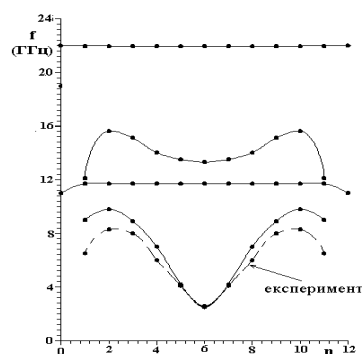
прибор	N	$d_a$	$d_k$	$d_l$	h	$\tau$
М 105	12	10	5,05	38,5	10	1,6
МИ 29	12	20	10	45	30	3,3

Табл. 2. Размеры второй группы

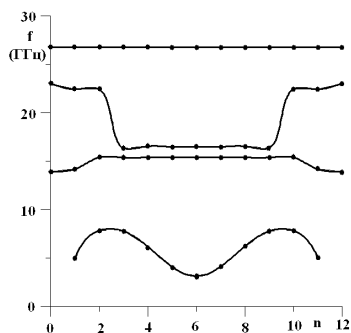
Table 2. Second group dimensions

	$\delta_0$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	s
М 105	1,2	0,645	0,62	0,75	0,74	1,6
МИ 29	0,6	0,55	0,56	1,14	1,29	1,7

На рис. 2 приведены результаты расчетов ДХ для магнетронов М105 (а) и МИ–29 (б) в четырех полосах пропускания.



а



б

Рис. 2. Дисперсионные характеристики магнетронов: (а) – М 105 и (б) – МИ 29.

Fig. 2. Magnetrons' dispersion characteristics

### III. Заключение

Разработана математическая модель анодного блока магнетрона со связками для изучения электродинамических параметров в основной и высших полосах пропускания. Приведены расчеты ДХ анодных блоков магнетронов дм диапазона. Сравнение теоретически рассчитанных и экспериментальных ДХ показало хорошее их соответствие, особенно для видов колебаний, ближайших к  $\pi$  – виду. Показано, что изменение параметров  $d_l$  и  $s$  оказывает наиболее сильное влияние на величину разделения рабочего  $N/2$  и соседних видов колебания  $N/2 \pm 1$ .

### CALCULATION OF ANODE STRAP MAGNETRONS DISPERSION CHARACTERISTICS IN FUNDAMENTAL AND HIGHER BANDPASSES

Nikitenko O. M.<sup>1</sup>, Kozorezov G. G.<sup>2</sup>,  
Churyumov G. I.<sup>1</sup>, Yavlyanskiy I. Yu.<sup>1</sup>,  
Volovenko M. V.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics

14, Lenin Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine

Ph.: +38 057-702-13-31,

e-mail: nikon@kture.kharkov.ua

<sup>2</sup>Open Joint-Stock company "Faza"

9, Belorusskaya Str., Rostov-on-Don, 344065, Russia

Ph.: (863) 252-57-43, e-mail: faza@donpac.ru

**Abstract** — The most important problem, which represents practical interest for specialists of UHF electronics and electro-dynamics, is the design problem concerning M-type tube slow-wave systems with preliminary determined characteristics. Here we discussed the computation problem of electrodynamic characteristics of a resonant slow-wave structure with double straps. The dispersion characteristics of both main and higher bandpass for S-band magnetrons are shown. The geometrical dimensions to provide the best influence at the mode separation are defined.