

Новая методика настройки МПФС и фокусировка электронного пучка в динамическом режиме

Предложена новая расчетно-экспериментальная методика настройки МПФС непосредственно на отпаянном изделии с помощью измерения магнитного поля снаружи лампы, сравнения его с расчетными значениями и подстройки магнитов. Точность подгонки величин максимумов магнитного поля на оси достигает 1.6%.

Ключевые слова: магнитная периодическая фокусирующая система, МПФС, спиральная ЛБВ

Введение

Фокусировка электронных пучков с помощью магнитной периодической фокусирующей системы (МПФС) является одним из основных способов транспортировки пучка в вакуумных СВЧ-приборах [1]. Ее использование позволяет существенно сократить массу и габариты ламп [2]. При разработке приборов с такой фокусировкой нередко возникает проблема: МПФС, спроектированная с помощью электронно-оптических программ, в расчете и на эксперименте обеспечивает хорошее токопрохождение в статическом режиме, но при подаче большого СВЧ сигнала происходит сильная расфокусировка пучка и токооседание растет. Еще одной проблемой является необходимость точного выдерживания расчетного профиля магнитного поля на оси в канале отпаянной лампы, в то время как нет возможности измерить данный профиль. Настройка МПФС на отдельном макете и затем перенос магнитов на лампу не всегда обеспечивает воспроизводимость профиля из-за неизбежных разбросов геометрии, а подстройка МПФС на лампе с помощью «пиявок» по минимальному уровню токооседания не всегда приводит к успеху из-за большого числа степеней свободы.

Динамическая расфокусировка

В качестве примера рассмотрим фокусировку трубчатого пучка в МПФС (Рис. 1).

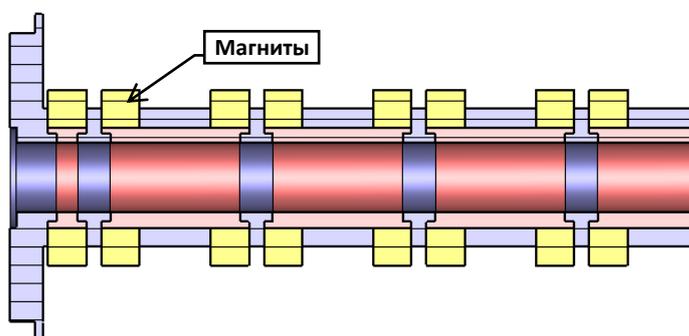


Рис 1. Внешний вид тестовой МПФС.

Расчет в оптимальном магнитном поле в статическом режиме обеспечивает довольно ламинарный поток (Рис. 2а). Однако моделирование в динамическом режиме показывает значительную расфокусировку пучка (Рис. 2б). Расчетный коэффициент заполнения достигает 90%, что требует дополнительных мер по стабилизации и фокусировке пучка

вблизи коллекторного конца МПФС (изменения амплитуды и периода поля). Можно заключить, что МПФС следует проектировать на основе анализа именно динамического режима.

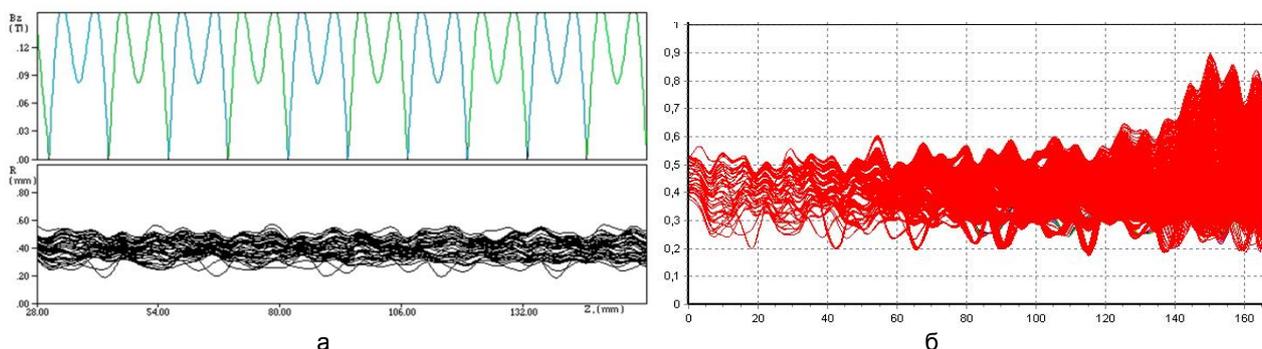


Рис 2. Профиль магнитного поля МПФС (с 3й гармоникой) и траектории частиц трубчатого пучка в статическом (а) и динамическом (б) режимах.

III. Методика настройки МПФС

Мы рассматриваем методику настройки МПФС в процессе установки магнитов на отпаянную лампу. После установки первого магнита измеряется магнитное поле в зазоре, предназначенном для второго магнита (с использованием дополнительного экрана), и сравнивается с расчетной величиной для данной конфигурации, полученной с помощью численного моделирования (Рис. 3). Можно добиться их совпадения, подстраивая первый магнит (подбором намагниченности или «пиявками»). В этом случае поле на оси системы (после монтажа остальных магнитов) окажется практически совпадающим с номинальным (Рис. 4). На Рис. 5 показана зависимость амплитуды первого максимума поля на оси в полностью собранной системе от величины намагниченности первого магнита для случая без подстроек и с подстройкой «пиявками» по данной методике.

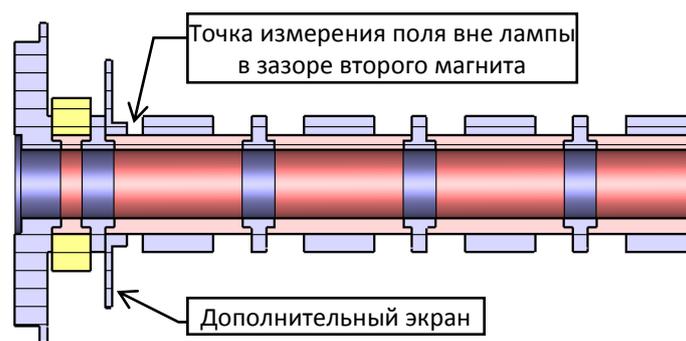


Рис. 3. Схема измерения магнитного поля в зазоре второго магнита при настройке первого.

Видно, что при 15% избыточной намагниченности (0.7 Тл вместо 0.65 Тл) амплитуда первого максимума поля после настройки уменьшается с 0.192 Тл до 0.179 Тл. Отклонение от номинала уменьшается с 0.01 Тл до 0.0029 Тл (1.6%).

После подстройки первого магнита устанавливается следующий и аналогичным образом настраивается. Преимуществом методики является и то, что магниты подстраиваются поочередно, что сокращает трудоемкость. Наконец при использовании трех

датчиков магнитного поля, распределенных в зазоре по азимуту, можно контролировать и исправлять азимутальную неоднородность магнитного поля.

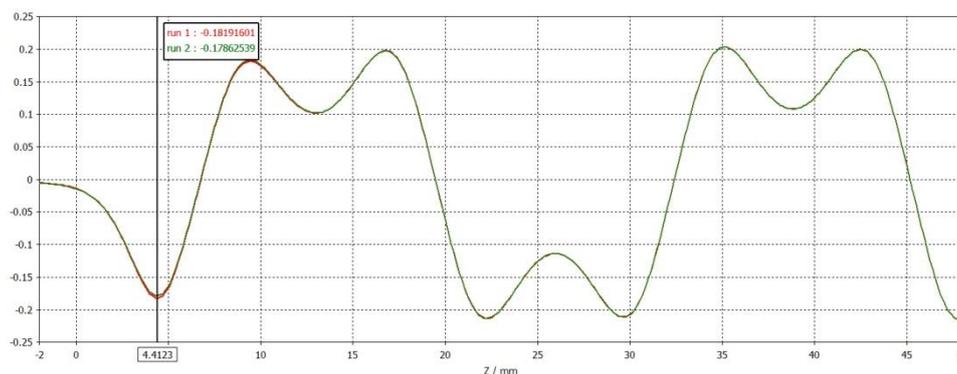


Рис. 4. Профили магнитного поля для идеальной МПФС и для случая избыточной на 15% намагниченности первого магнита и подстройки его «пиявками» по предлагаемой методике.

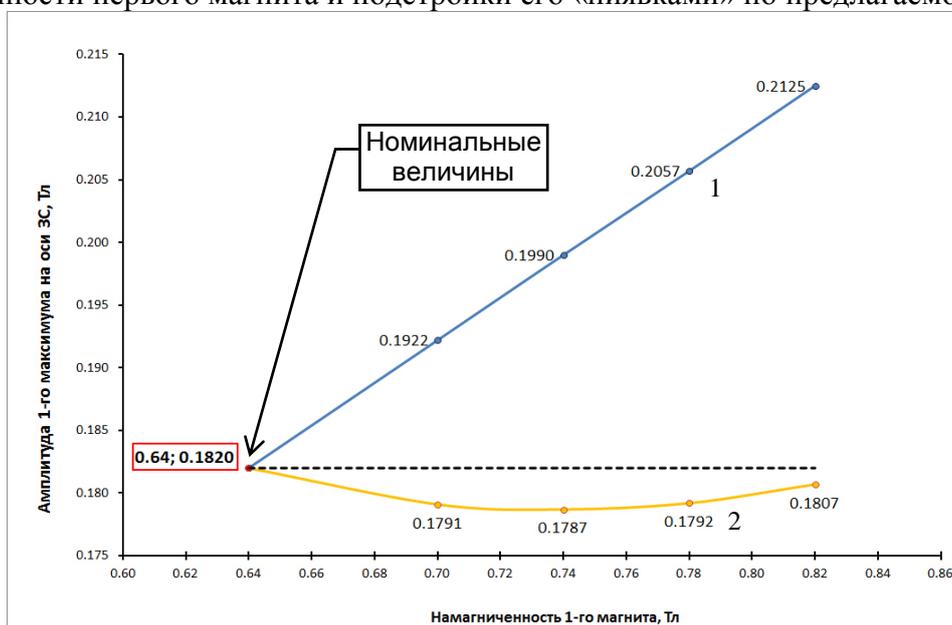


Рис. 5. Зависимость амплитуды первого максимума поля на оси в полностью собранной МПФС от намагниченности первого магнита для случая без подстроек (1) и с подстройкой «пиявками» по предлагаемой методике (2).

Заключение

Продемонстрирована известная недостаточность расчета фокусировки только статического пучка и указано на необходимость учета динамической расфокусировки при проектировании магнитной системы. Предложена методика настройки МПФС непосредственно на отпаянной лампе путем измерения поля снаружи корпуса лампы. Показана возможность установки требуемого значения максимума поля на оси с точностью до 1.6%.

Библиографический список

1. Алямовский И.В. Электронные пучки и электронные пушки. // Москва: «Советское радио» - 1966, 455 с.
2. Gilmour A.S. Principles of travelling wave tubes. "Artech house", 1994.