

УДК

Использование коллиматора специальной формы в ЛБВ с кольцевым катодом и низковольтным бессеточным управлением в переходных режимах работы ЭОС.

Ю.Ю. Филин, С.П. Морев, Н.М. Коломийцева, О.А. Арион, П.А. Комраков, А.В. Соляников

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований переходных процессов в ЭОС с кольцевым катодом и низковольтным бессеточным управлением током пучка. Найдены конфигурация и местоположение пассивного защитного устройства (коллиматора), обеспечивающего надежную защиту от тепловой перегрузки входного участка замедляющей системы (ЗС) в переходных режимах работы ЛБВ. Собрано макетное изделие с коллиматором найденной геометрической формы, проведены динамические испытания и исследованы отдельные узлы изделия после выхода его из строя.

Ключевые слова: переходные процессы, электроно-оптическая система (ЭОС), коллиматор, тепловая перегрузка.

1. Введение

Лампы бегущей волны (ЛБВ) с магнитной периодической фокусирующей системой (МПФС) и управлением тока пучка нашли широкое применение в современной радиоэлектронной аппаратуре. В качестве электродов для низковольтного управления током пучка вблизи катода электронной пушки обычно размещают фокусирующие электроды, сеточные структуры, штыри, промежуточные аноды и тому подобное [1].

В рассматриваемой ЛБВ низковольтное управление током пучка в электроно-оптической системе (ЭОС) осуществлено соосно расположенными вблизи катода фокусирующим электродом и штырем, за счет чего в электронной пушке был сформирован кольцевой электронный поток, сходящийся в области пролетного канала в сплошной. Дополнительная регулировка тока пучка обеспечивалась потенциалом первого анода U_{a1} , который меньше потенциала спиральной замедляющей системой (ЗС) $U_{зс}$.

Для транспортировки электронного пучка в ЛБВ применена МПФС с несинусоидальным распределением осевой компоненты индукции магнитного поля и значимой величиной третьей гармоники [2], позволившая обеспечить устойчивую транспортировку потока при пониженных потенциалах ЗС.

2. Постановка задачи

В процессе испытаний ЛБВ было выявлено, что увеличение тока ЗС связано с переходными процессами при включении/выключении ЛБВ, когда при определенных значениях напряжений на фокусирующих электродах наблюдалось повышение токооседания и температуры входного участка ЗС [3-5]. При испытаниях ЛБВ в режимах работы, при которых длительность импульса уменьшалась, а скважность оставалась неизменной, наблюдалось увеличение среднего тока ЗС. Анализ публикаций в отечественной и иностранной научной литературе показал, что

формирование электронного потока в переходных процессах включения/выключения таких ЭОС, изучен далеко не полностью.

3. Теоретическое обоснование исследования

Для исследования процессов формирования пучка в переходных процессах включения/выключения и определения места токооседания были проведены обширные расчеты переходных режимов работы ЭОС. Результаты расчетов показали, что при определенных значениях фокусирующих напряжений происходило локальное оседание части тока пучка на пролетный канал в области расположения ВЧ ввода энергии (рис. 1).

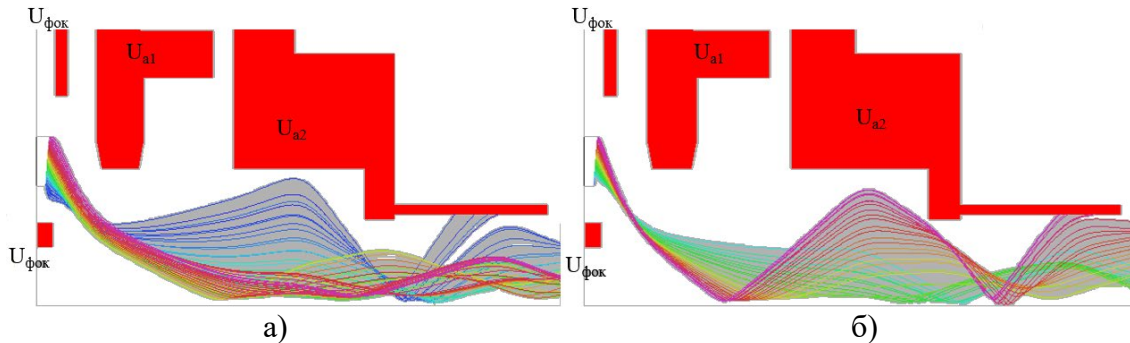


Рисунок 1. Токооседание во время переходного режима: а) $U_{\text{фок}} = -50\text{В}$; б) $U_{\text{фок}} = -250\text{В}$.

Из-за локального токооседания происходила тепловая перегрузка (вплоть до расплавления) входного участка ЗС, включающего в себя первые витки спирали и закрепленные на них настроечные элементы, и нарушение согласования КСВн входной секции ЛБВ.

Из-за короткого (менее микросекунды) времени нарастания/спада фронтов модулирующих импульсов напряжений на фокусирующих электродах электронной пушки непосредственное измерение величины тока, оседающего на элементы ЭОС, являлось затруднительным. С целью увеличения длительности фронта была проведена корректировка электрической схемы модулятора.

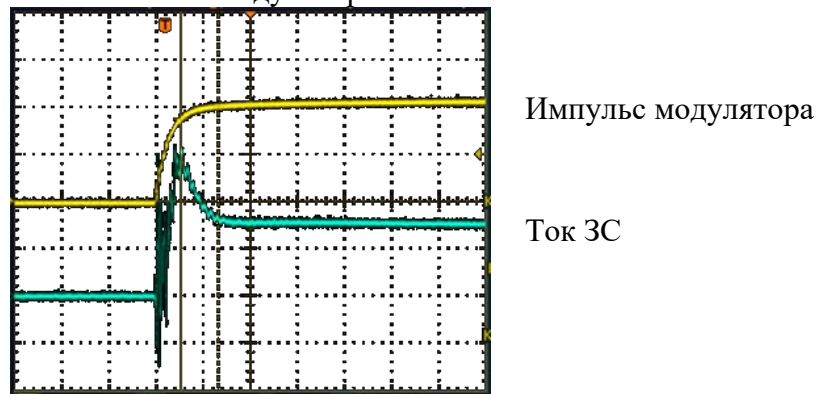


Рисунок 2. Импульс модулятора и ток ЗС во время включения ЛБВ.

На полученных осциллограммах (рис. 2) видно резкое увеличение тока ЗС, во время переходного процесса включения ЛБВ в интервале изменения напряжений на управляющих электродах от -50В до -250В . В этом случае повышение среднего тока ЗС в режиме с малой длительностью импульса происходило из-за увеличивающегося влияния фронтов нарастания/спада фокусирующих напряжений.

На основе проведенных исследований был объяснен механизм аномально высокого токооседания электронного потока на входной участок ЗС, приводящий к тепловой перегрузке этого участка и возможному выходу из строя ЛБВ. За счет

применения «коллиматора» с измененными геометрическими размерами в области между электронной пушкой и ВЧ вводом энергии, удалось добиться предотвращения повышенного токооседания в переходных режимах на входной участок ЗС, и в то же время обеспечить транспортировку электронного потока в рабочем режиме без токооседания (рис. 3, рис. 4).

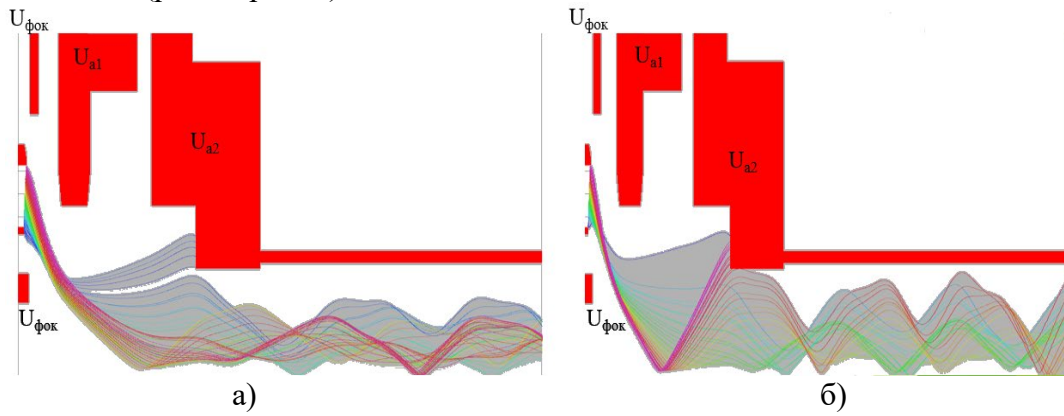


Рисунок 3. Токооседание во время переходного режима с новым анодом 2: а) $U_{\text{фок}} = -50\text{В}$; б) $U_{\text{фок}} = -250\text{В}$.

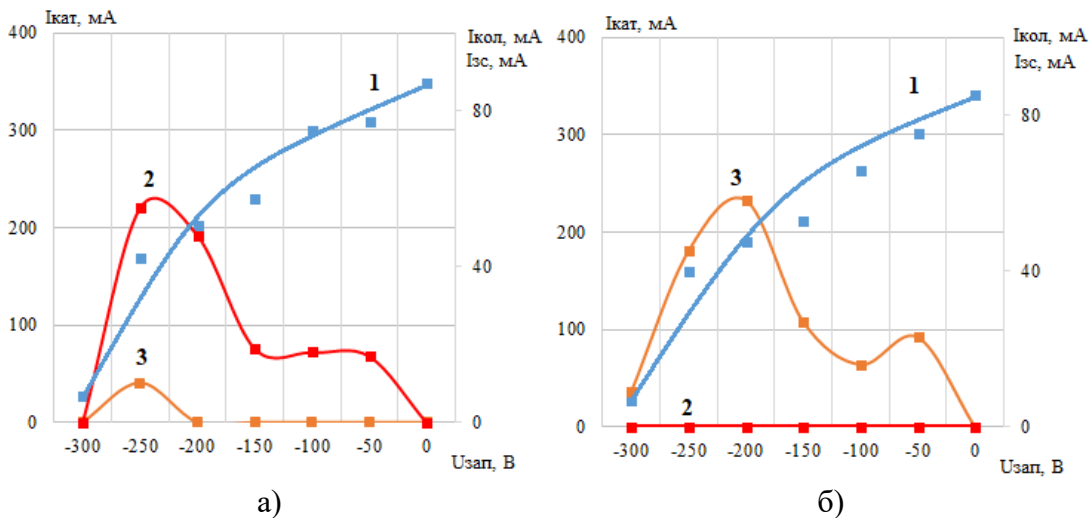


Рисунок 4. Зависимости тока катода (1), тока ЗС (2) и тока коллиматора (3) от потенциала на управляющих электродах для исходной (а) и предложенной (б) конструкции входного участка ЛБВ.

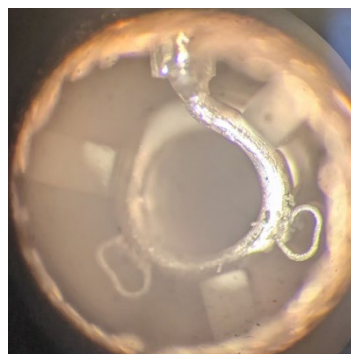
4. Экспериментальные данные

Для проверки работы ЛБВ с коллиматором специальной формы на изготовленном образце были проведены динамические испытания в режимах с малой длительностью импульса. Во время испытаний ЛБВ с длительным временем работы в режиме с малой длительностью импульса КСВн входной секции и выходная мощность не изменялись, а ток ЗС не увеличивался.

После проведения испытаний и вскрытия ЛБВ, на аноде были обнаружены следы токооседания (Рис. 5а), однако настроечные элементы на входном участке ЗС сохранились (Рис. 5б).



а)



б)

Рисунок 5. Анод1 со следами токооседания (а), ЗС с настроечными элементами (б).

На коллиматоре специальной формы были обнаружены цвета побежалости в месте изменения диаметра детали, указывающие на место перегрева коллиматора, которые совпадали с расчетным местоположением повышенного токооседания (Рис. 6).

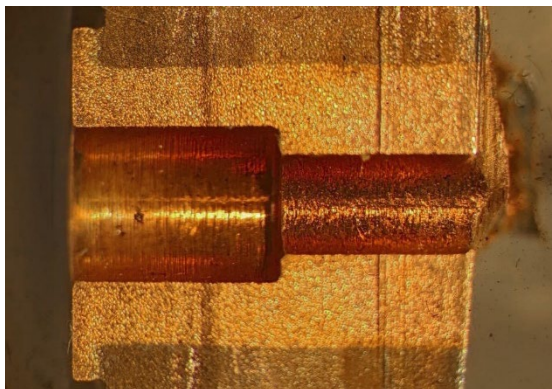


Рисунок 6. Коллиматор специальной формы со следами побежалости.

5. Выводы

Экспериментальное исследование ЛБВ с размещенным коллиматором найденной конфигурации, подтвердило теоретические расчеты и показало, что коллиматор обеспечил надежную защиту от тепловой перегрузки входного участка в переходных режимах и не ухудшал токопрохождение пучка в номинальном режиме работы ЛБВ.

Список литературы:

1. Григорьев Ю.А., Правдин Б.С., Шестеркин В.И. // Обзоры по электронной технике. Сер.1. Электроника СВЧ. 1987. Вып.7(1246). М.: Изд-во ЦНИИ Электроника. 71 с.
2. Дармаев А.Н., Морев С.П. Повышение параметра магнитного поля в фокусирующих системах с негармоническим распределением магнитного поля / Актуальные проблемы электронного приборостроения. Материалы международной научно-технической конференции // Саратов. 2006. с. 382-3
3. Морев С.П., Якунин А.Н. Исследование особенностей процессов управления током пучка в электронно-оптических системах приборов О-типа //Электронная техника. Сер.1, Электроника СВЧ. - 1987.- Вып. 5.- С. 31-35.
4. Морев С. П., Роговин В. И., Юдин Г. Ю. Уменьшение величины и протяженности области аномального токооседания при управлении током пучка в ЭОС приборов О – типа//Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-98/ Материалы международной научно-технической конференции, 1998, т. 1, с. 209-212.
5. Морев С. П. Уменьшение величины и протяженности области оседания пучка на пролетный канал ЛБВО в режимах модуляции с помощью потенциала фокусирующего электрода электронной пушки//Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2000/Материалы международной научно-технической конференции, 2000, С.150-155.