

Р.А. ОСИН^{1,2}, Д.А. КАЛАШНИКОВ¹, Д.А. КОМАРОВ¹, Д.С. ТРОФИМОВ¹

¹ Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Торий», Москва, Россия

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРА ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА В МОЩНОМ КЛИСТРОННОМ УСИЛИТЕЛЕ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

В данной работе по результатам трехмерного моделирования была получена зависимость продольной компоненты электрического поля, а также распределение скоростей частиц вдоль оси прибора. Проведен расчет траектории краевого электрона, найдена зависимость величины тока от продольной координаты, которая была соотнесена с фазовыми характеристиками, рассчитанными в одномерной программе.

R.A. OSIN^{1,2}, D.A. KALASHNIKOV¹, D.A. KOMAROV¹, D.S. TROFIMOV¹

¹ Joint-Stock Company "Toriy" Scientific Production Association", Moscow, Russia

² National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

QUALITATIVE DETERMINATION OF THE ELECTRON FLOW CONTOUR IN A POWERFUL KLYSTRON AMPLIFIER WITH DYNAMIC OPERATION

In this paper, as well as the distribution of particle velocities along the axis of the device, the dependence of the longitudinal component of the electric field was obtained based on the results of three-dimensional modelling. The trajectory of the edge electron was calculated and the dependence of the current magnitude on the longitudinal coordinate was found. It has been correlated with the phase characteristics calculated in a one-dimensional program.

Одним из факторов успешной работы электровакуумных приборов СВЧ О-типа (клистронов, ЛБВ) является качественная настройка электронно-оптической системы (ЭОС). С ее помощью обеспечивается транспортировка электронного потока в пролетном канале. В зависимости от наличия высокочастотного (ВЧ) сигнала на входе, различают два режима работы данных приборов: статический режим (ВЧ сигнал на входе отсутствует) и динамический режим (с ВЧ сигналом на входе). В последнем в результате взаимодействия потока электронов с ВЧ полем электродинамической системы (ЭДС) скорости электронов в пролетных каналах изменяются, что приводит к модуляции электронного потока по плотности пространственного заряда и образованию неоднородностей в виде сгустков.

На практике, проектирование электровакуумных приборов требует комплексного подхода и состоит из нескольких расчетных этапов. Разработка ЭОС основывается на симуляции статического режима работы изделия, а ЭДС – на симуляции динамического режима. Анализ траекторий электронов производится только в первом случае. В свою очередь, расчет динамического режима делится на два этапа: определение предварительных параметров ЭДС с применением упрощенных одномерных программ и дальнейшее уточнение результатов в трехмерных программах. При этом одномерные программы не учитывают реальное токопрохождение. В ряде случаев этого бывает достаточно, так как разница расчетного и реального КПД приборов не превышает 10 %. Однако в мощных клистропах токопрохождение может стать главной причиной, ограничивающей выходные параметры прибора и отличие реального КПД может достигать 30-40 %. Для корректировки данного эффекта требуются длительные расчеты взаимодействия в трехмерных программах.

В работе рассмотрена возможность качественной оценки контура электронного потока при динамическом режиме работы прибора на основании продольного распределения тока, полученного из фазовой характеристики, и распределений скоростей электронов в фиксированный момент времени.