

УДК 621.385.6

*Т.С. Акимова, В.И. Юркин, А.Ю. Митраков*

## ГРАФИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБОРАХ КЛИСТРОННОГО ТИПА

*Разработана графическая программа в среде Delphi 7, позволяющая значительно сократить время на подробный анализ процессов в клистронах и монитроне.*

**Ключевые слова:** интерфейс, графическая программа, моделирование, группирование, монотрон.

**Введение.** Для повышения эффективности приборов клистронного типа большое значение приобретает тщательный анализ электронных процессов. Наряду с обобщенными параметрами, такими как КПД, токопрохождение, необходимо иметь информацию о скоростях электронов, степени группирования, структуре и "расслоении" электронного потока в приборе.

**Реализация программы.** Разработанная ранее программа моделирования двумерных электронных процессов [1] позволяет проводить расчет приборов клистронного типа в динамическом режиме. Результаты расчета выводятся в виде текстового файла с данными о координатах, скоростях "контрольных" электронов и геометрии прибора. По полученным результатам можно построить необходимые графические зависимости и провести анализ. Однако построение таких зависимостей вручную занимает много времени. Поэтому для уменьшения времени на обработку результатов была разработана графическая программа, позволяющая получать различные графики в интерактивном режиме [2,3]. Программа написана на языке Turbo Pascal 6.0 и имеет ряд ограничений и недостатков, к которым относятся:

- ограничение по памяти, свойственное программам, написанным в среде MS-DOS, и поэтому исследование прибора приходится проводить по частям, что значительно снижает эффективность программы;

- в связи с несоответствием кодировочных таблиц Turbo Pascal и ОС Windows текстовая информация, при отображении на экране, выводится не корректно.

**Цель работы** – устранение недостатков вышеуказанной программы с помощью создания новой графической программы "GRAF" в современной среде Delphi 7. Разработанная

программа является универсальной и может быть использована в различных версиях ОС Windows. Общий вид интерфейса представлен на рисунке 1\*.

В качестве исходных данных разработанная программа использует текстовый файл, полученный с помощью программы [3].

Интерфейс программы содержит главное меню, с помощью которого можно в многооконном режиме задавать построение необходимых графических зависимостей.



Рисунок 1 – Интерфейс программы "GRAF"

Открытие нужного элемента меню осуществляется щелчком левой клавиши "мышки".

\* В разработке интерфейса принимал участие студент 220 группы Благодатных А.А

Вначале выбирается с помощью соответствующего окна имя текстового файла, в котором содержится вся необходимая информация. Далее с помощью другого окна определяются плоскости, в которых происходит построение пространственно – временной диаграммы (ПВД), зависимостей  $V(z)$ ,  $I_{kon}(z)$ ,  $V(\omega t)$  и т.д. При необходимости можно скорректировать значения выбранных плоскостей. При открытии следующего окна можно задать номера электронов одного периода, информация о которых будет отображаться на экране. Для того чтобы было удобно анализировать электронные процессы, выбираются "характерные" электроны, которые отображаются на экране дисплея другим цветом. Это позволяет выделить эти электроны среди остальных электронов периода.

Для анализа процессов образования и торможения сгустков в монотроне может использоваться ПВД, показанная на рисунке 2.

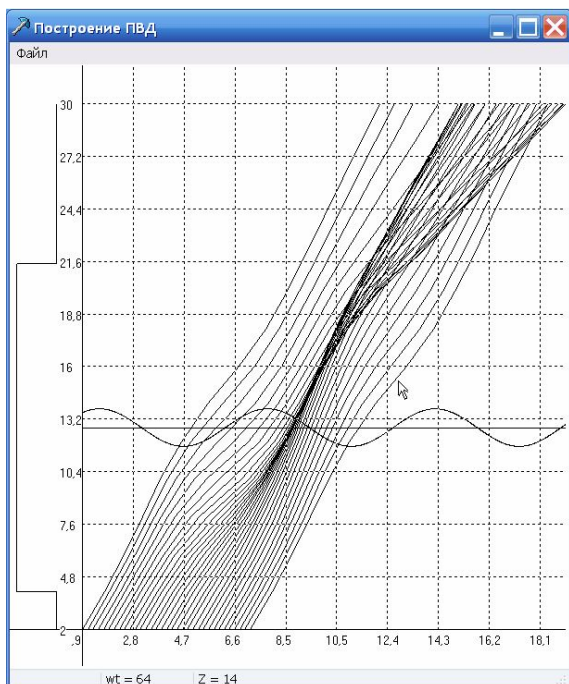


Рисунок 2 – Пространственно-временная диаграмма

Слева от ПВД условно изображен контур прибора, что упрощает анализ. ПВД позволяет визуально проследить за группированием и отбором энергии электронов в монотроне. При анализе электронных процессов необходимо знать точное значение фазы  $\omega t$  прохождения электроном произвольной плоскости  $Z$ . Непосредственное определение численных значений на графике, отображенном на экране, приводит к ошибкам, поэтому был разработан алгоритм для определения координат курсора, который может

перемещаться по графику с помощью "мышки". При перемещении курсора в полосу состояния внизу окна отображаются координаты.

Изменение нормированных продольных скоростей  $V_z$  в зазоре монотрона показано на рисунке 3. В верхней части графика изображен контур прибора. Нормированная скорость определяется следующим образом:  $V_z = \frac{v_z}{v_0}$ ,

$$V_z = \frac{v_z}{v_0},$$

где  $v_z$  – ненормированная продольная скорость,

$$v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}, \quad U_0 - \text{ускоряющее напряжение.}$$

Полученные зависимости позволяют рассмотреть особенности движения электронов в монотроне. Точные значения координат и скоростей отдельных электронов могут быть определены с помощью курсора, координаты которого отображаются в левом нижнем углу окна.

Подробный анализ группирования электронов и изменения их скоростей можно провести с помощью зависимости  $V_z(\omega t)$  в различных плоскостях прибора. На рисунке 4 приведен график зависимости скоростей  $V_z$  электронов крайнего слоя от фазы прибытия  $\omega t$  в плоскость  $Z=20$  мм, расположенную в конце зазора монотрона. Процесс группирования электронов можно исследовать в ручном режиме. В этом режиме выбор необходимой плоскости осуществляется с помощью двух кнопок с соответствующими изображениями стрелок влево и вправо.

В программе предусмотрена возможность организовать показ зависимости продольных составляющих скоростей электронов от фазы прибытия для всех выбранных плоскостей в режиме "слайдшоу". Для этого использован невизуальный компонент TTimer, который отсчитывает временной интервал между сменой графиков. Временной интервал задается предварительным перемещением ползунка и может изменяться в пределах 0,1с до 1,5с. "Слайдшоу" позволяет визуально проследить за процессом образования сгустков электронов и их торможением в приборе. Для того чтобы сделать паузу во время показа слайдов, необходимо нажать кнопку "Стоп". Кнопки с двойными стрелками определяют направление изменения продольной координаты  $z$  в сторону увеличения или уменьшения. С помощью данных графиков можно определить скорости отдельных электронов, а также скоростной разброс  $\Delta V_z = V_{z \max} - V_{z \min}$ . Исследуя такие зависимости вдоль прибора, можно проследить за изменением  $V_z$ .

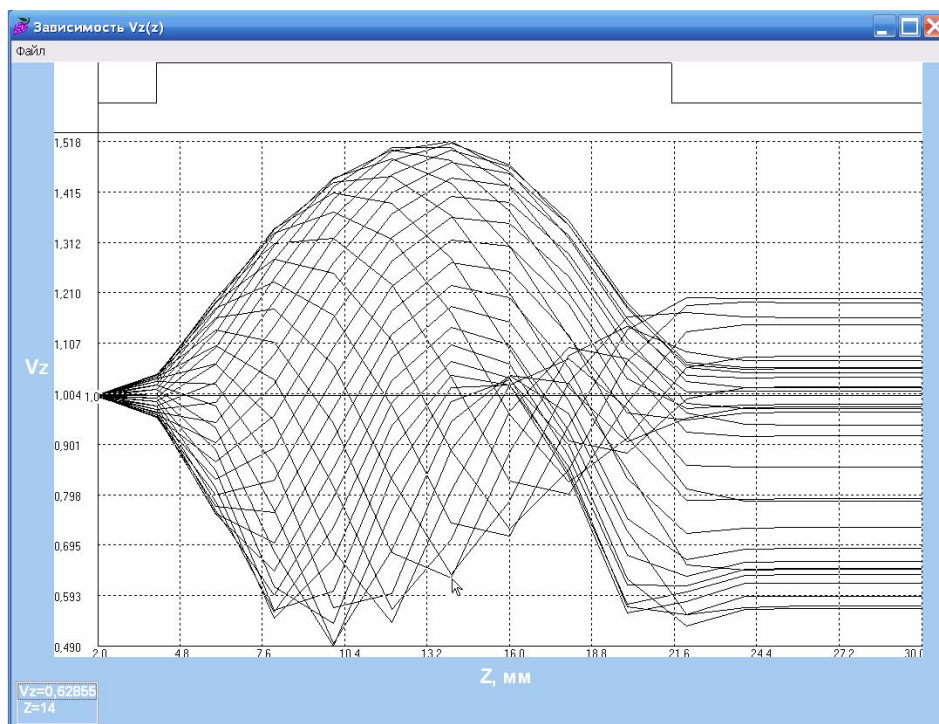


Рисунок 3 – Зависимости продольных скоростей электронов крайнего слоя от координаты z в монодроне

Разработанная графическая программа позволяет также определить нормированную амплитуду произвольной гармоники электронного тока в выбранной плоскости. Значения нормированных амплитуд трех гармоник тока в плоскости

$Z=16\text{мм}$  составили:  $\frac{I_1}{I_0} = 1,18$ ,  $\frac{I_3}{I_0} = 0,87$ ,

$\frac{I_5}{I_0} = 0,78$ . Эти зависимости могут быть получены

для электронов любых слоев, что позволяет исследовать эффекты, связанные с "расслоением" электронного потока.

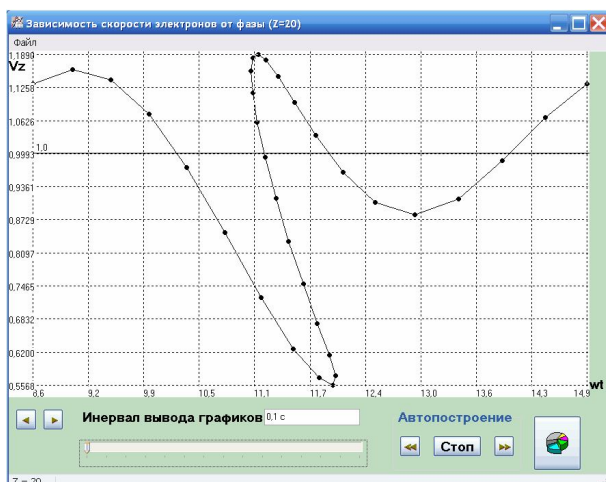


Рисунок 4 – Зависимость продольных составляющих скоростей электронов от фазы прибытия

Также предусмотрено построение зависи-

мости амплитуды конвекционного тока от продольной координаты z для трех первых гармоник тока. Выбор гармоники осуществляется с помощью соответствующего окна. Разработанная графическая программа позволяет оценить изменение формы конвекционного тока вдоль продольной координаты.

Интерфейс программы предусматривает возможность сохранения исследуемой зависимости в виде рисунка, а также содержит команды вывода рисунка на печать и закрытия окна.

**Заключение.** Таким образом, разработанная графическая программа позволяет оперативно проводить тщательный анализ процессов группирования и в комплексе с программой расчета приборов клистронного типа [3] может успешно использоваться при проектировании новых типов клистронов и монодронов.

#### Библиографический список

1. Федяев В.К., Юркин В.И. Программа анализа двумерных динамических процессов в клистронах // Вакуумная и плазменная электроника: Межвуз. сб./ Рязан. радиотехн. ин - т. Рязань, 1986. С. 101 - 105.
2. Юркин В.И., Шинкарев А.Е. Программа графического отображения для исследования электронных процессов в клистронах на ПЭВМ // Вакуумная и плазменная электроника: Межвуз. сб. / Рязан. гос. радиотехн. акад. Рязань, 1996. С. 41-43.
3. Юркин В.И., Кутузова И.В. Пакет графических программ отображения информации при разработке и исследовании электронных процессов в клистронах // Электроника и информационные технологии: Межвуз.сб. / Рязан. гос. радиотехн. акад. Рязань, 1998. С. 66-70.