



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРТРАНА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРИБОРОВ СВЧ НА ПЭВМ

ВАСЯНОВИЧ А. В., НИКИТЕНКО А. Н.,
БАРАНОВ Д. А., ЯРЕХА Д. А.

Рассмотрены вопросы применения новых возможностей Фортрана для обработки выходных данных численной модели амплитрона. Применение графических библиотек позволило более наглядно представить процессы в приборе.

1. Введение

В 80-х годах в Харьковском техническом университете радиоэлектроники была разработана модель процессов взаимодействия в усилителях СВЧ магнетронного типа со скрещенными полями и распределенной эмиссией (амплитронах), позволяющая рассматривать взаимодействие по всей электрической длине системы, включая пространство взаимодействия и пространство дрейфа [1]. Недостатком модели являлась реализация на устаревшем стандарте языка — Фортран IV, используемого вычислительными машинами типа ЕС (операционная система СВМ ЕС ЭВМ). Широкое распространение в последнее время персональных ЭВМ и все совершенствующиеся их возможности привели к необходимости переработки программ применительно к ПЭВМ [2]. Кроме того, пакет подпрограмм, реализующих данную модель, позволял, применяя буквенно-цифровую графику, лишь в довольно общих чертах представлять на экране ЭВМ процессы взаимодействия в приборе. Пользовательские программы, написанные в новом стандарте языка Фортран-90 и использующие графику, komponуются с библиотекой файлов GRAPHICS.LIB, являющейся теперь составной частью стандартного пакета Фортрана. Библиотека содержит полный набор графических функций и поддерживает графику, основанную на элементах изображения, координатную графику и символные шрифты [3]. Реализуя возможности графических построений в Фортран-90, не только удалось на качественно новом уровне выполнить применявшиеся ранее в данной модели графические построения, но и осуществить принципиально новую возможность — анимацию процессов взаимодействия в приборе.

2. Визуальное отображение распределения электронов и основных параметров процесса взаимодействия в амплитроне

Для графического отображения распределения электронов в усилителе СВЧ магнетронного типа и основных его характеристик разработана под-

программа FOTO.FOR. Структурно подпрограмма FOTO.FOR состоит из трех модулей-подпрограмм: GRAPHICSMODE — установка графического режима; REFLECTION — основная программа отображения информации и изображения амплитрона; ENDPROGRAM — восстановление первоначальной видеоконфигурации.

Структура программы приведена на рис. 1.

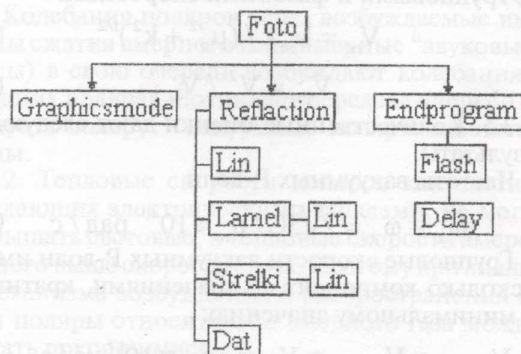


Рис. 1. Структура программы FOTO

Входные данные программы: число вторичных частиц, число частиц, достигших анода, число частиц, упавших на катод, число частиц в пространстве взаимодействия, текущее время моделирования. Кроме явно передаваемых в подпрограмму через формальные параметры значений в нее передаются два массива через объявление общих ячеек памяти, которые определяют положение отображаемых на экране частиц (соответственно массивы абсцисс и ординат частиц).

Для установления текущего видеорежима типа \$VRES16COLOR — графика VGA (16 цветов, экран 640*480 пикселей) используется подпрограмма GRAPHICSMODE.

Для выполнения изображения амплитрона в разрезе (перпендикулярно к катоду), распределения электронов, обозначения ввода и вывода ВЧ сигнала, отображения основной информации о текущем времени моделирования, вместе с индикацией текущего периода ВЧ сигнала основной рабочей частоты разработана подпрограмма REFLECTION. Данное изображение выполняется с использованием следующих внутренних подпрограмм: LAMEL — подпрограмма изображения ламели резонатора, STRELKI — отображения направлений ввода и вывода ВЧ энергии; DAT — подпрограмма вывода в таблицу информации о процессах в амплитроне в текущее время.

Система координат, принятая в подпрограмме, в качестве базиса, т. е. точки с координатами (0;0) принимает точку с физическими координатами на экране (240;240). Базис используемой системы координат одновременно является центром пространства взаимодействия амплитрона. Для наглядности изображения оно увеличено в 3 раза. Для еще большего усиления эффекта наглядности в программе использованы цветовые градации кучности расположения частиц в пространстве взаимодействия. Если в области пространства, отображаемого на экране одной точкой, будет находиться одна частица, то соответствующий пиксел на экра-

не будет светло-голубого цвета. Если две частицы — голубого и так далее, до темно-синего.

Информация о процессах в амплитроне в текущее время отображается на экране в правом нижнем углу в виде таблицы с передаваемой в нее информацией: количестве частиц, достигших анода, упавших на катод, вторичных частиц, общего количества частиц в пространстве взаимодействия, рядом с соответствующими им подписями, и номера текущего периода справа вверху отдельно, округленного до сотых долей.

Кроме того, подпрограмма осуществляет задержку изображения на экране на несколько секунд с мерцающей желтым цветом в верхнем правом углу экрана предупреждающей надписью "PLEASE PRESS PAUSE/BREAK FOR DELAY", после чего восстанавливает первоначальную видеоконфигурацию.

Использование цветовой градации кучности расположения частиц совместно с масштабированием пространства взаимодействия позволяет более детально рассмотреть процессы, происходящие в амплитроне. Благодаря этим возможностям удастся проследить процессы образования втулки, спиц, процессы разрушения электронных спиц при срыве генерации.

Подпрограмма, написанная в стандарте Fortran-90, использует одну внешнюю программную единицу — DELAY1, выполняющую задержку времени выполнения программы на заданное время.

3. Анимация процессов в амплитроне

Для анимации (вывода в динамике) процессов в амплитроне с одновременным наглядным отображением, в виде гистограмм, выходной мощности и анодного тока разработана программа ANIMA. Для работы программы необходимо наличие двух файлов: "GRAFDAT.OUT" и "GRAF.OUT" в текущем каталоге. Файл 'GRAF.OUT' содержит координаты частиц в пространстве взаимодействия в двоичной форме. Использование такой формы записи позволило сократить объем файла и повысить скорость работы программы. Файл 'GRAFDAT.OUT' содержит данные о текущем периоде, выходной мощности и анодном токе. Указанные выше файлы формируются при работе многопериодной модели амплитрона. Кроме того, необходимо наличие в текущем каталоге шрифтового файла 'ROMAN.FON', обеспечивающего работу заставки к программе.

Структурно система состоит из основной части и пяти подпрограмм-модулей:

— GRAPHICSMODE; PRESENTCARD; PICTURE; MULTIPICTURE; ENDPROGRAM.

С помощью модульного принципа обеспечивалась удобная для отладки и написания форма программы. Структура системы представлена на рис. 2.

Основная программа осуществляет чтение из файла GRAFDAT.OUT данных, занесение их в массивы периодов, мощностей и анодных токов, и поиск в этих массивах максимальных величин, далее используемых для масштабирования гистограмм. Кроме того, одновременно с этим процессом определяется количество отображаемых кар-

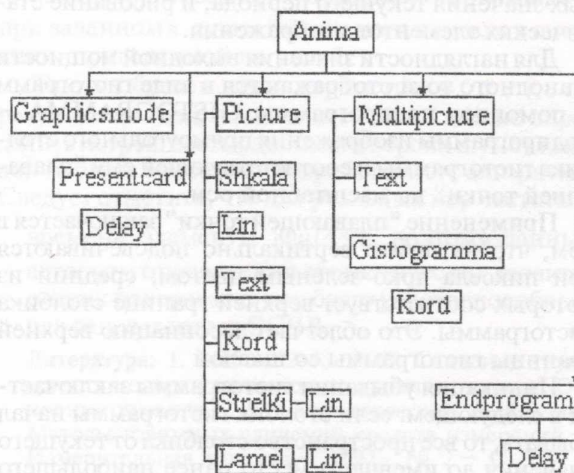


Рис. 2. Структура программы ANIMA

тинок. Затем осуществляется последовательный вызов подпрограмм-модулей.

Основная идея программы состоит в том, что из-за невозможности используемым графическим адаптером поддерживать несколько видеостраниц отображение образов происходит "вживую", т. е. последовательно рисуются новые элементы изображения и стираются старые. Оригинальной в этом случае представляется идея сглаживания "рывков" при мультиплицировании и устранение пропадания изображения во время переходных процессов считывания новой картинке из памяти. Для устранения указанных выше недостатков предлагается следующий способ: элементы изображения перемещаются по одному пикселу. В то время, как с предыдущего места забирается одна частица и данный пиксел либо принимает цвет фона, либо меняет градацию яркости в сторону приближения к светло-голубому, на месте с новыми координатами пиксел либо становится светло-голубым, либо изменяет свою градацию яркости в сторону приближения к темно-синему. После вычерчивания всех частиц происходит отображение соответствующих данному распределению гистограмм и вывод точных значений выходной мощности и анодного тока и округленного до сотых долей значения текущего периода. Затем происходит считывание с жесткого диска координат частиц в пространстве взаимодействия, соответствующих следующей картинке, и процесс повторяется вновь. Таким образом, удалось достичь эффекта медленного "перетекания" одной картинке в другую и избавиться от перечисленных выше недостатков.

Для установления видеорежима используется подпрограмма GRAPHICSMODE().

Подпрограмма PRESENTCARD() выдает информацию о разработчиках программы и о представляемом для мультиплицирования приборе.

Для формирования базиса для анимации разработана подпрограмма PICTURE. Она выполняет отображение первоначального распределения частиц в пространстве взаимодействия, соответствующего этому распределению гистограмм выходной мощности и тока, индикацию точных значений выходной мощности и тока, округленного до со-

тых значения текущего периода, и рисование статических элементов изображения.

Для наглядности значения выходной мощности и анодного тока отображаются в виде гистограмм с помощью подпрограммы GISTOGRAMMA — подпрограммы изображения прямоугольного столбика гистограммы и соответствующей ему “плавающей точки” на масштабной оси.

Применение “плавающей точки” заключается в том, что на шкале вертикально подсвечиваются три пиксела ярко-зеленым цветом, средний из которых соответствует верхней границе столбика гистограммы. Это облегчает ассоциацию верхней границы гистограммы со шкалой.

Индикация убывания гистограммы заключается в следующем: если столбик гистограммы начал убывать, то все пространство столбика от текущего значения до имевшего место ранее наибольшего значения заполняется синим цветом в противовес желтому цвету гистограммы. Это подчеркивает эффект убывания и возрастания отображаемой переменной. Масштабирование гистограмм и отображение масштабной оси производится при помощи подпрограмм KORD и SHKALA, соответственно. Кроме гистограмм на каждой картинке отображаются точные значения выходной мощности и анодного тока с помощью подпрограммы TEXT.

Для мультиплицирования процессов распределения частиц в амплитроне и отображения с помощью гистограмм текущей выходной мощности и анодного тока (с указанием их точных значений) разработана подпрограмма MULTIPICTURE.

Подпрограмма осуществляет изображение распределения частиц в пространстве взаимодействия согласно описанному выше алгоритму. Для ускорения работы программы на каждом шаге перед отображением частицы проверяется, изменила ли она свои координаты или нет. Если нет, то осуществляется переход к следующей частице.

Процесс мультиплицирования будет продолжаться до тех пор, пока из файла GRAF.OUT не будет считан элемент EOF — обозначающий конец файла. На этом подпрограмма MULTIPICTURE прекращает свою работу.

Для завершения работы разработана подпрограмма ENDPGRAM, осуществляющая задержку изображения на экране до нажатия клавиши ‘ENTER’, о чем выдается соответствующая надпись, после осуществляется “схлопывание” экрана сначала в вертикальном, а затем в горизонтальном направлении и восстанавливается предыдущая видеоконфигурация. Упрощенное изображение результатов работы программы представлено на рис. 3.

Использование эффекта анимации позволяет в динамике проследить процессы в пространстве взаимодействия. Отображаемые гистограммы наглядно показывают установление выходной мощности и анодного тока (переход прибора в установившийся режим).

В целом программа ANIMA, написанная в стандарте Fortran — 90, использует 3 внешних файла — два с данными и один шрифтовой, расположенных в текущем каталоге.

Таким образом, благодаря возможности просматривать распределение частиц в пространстве

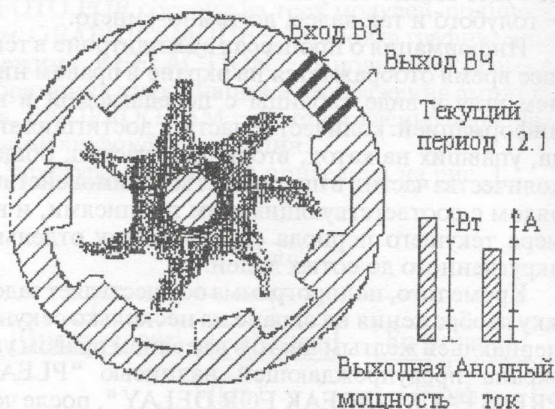


Рис. 3. Распределение частиц в пространстве взаимодействия и гистограммы выходной мощности и анодного тока

взаимодействия удастся более полно понять физику процессов в приборе, отслеживать процессы образования и разрушения электронных спич, втулки. Применение графического вывода информации значительно уменьшает время, необходимое для обработки выходных параметров модели. В будущем планируется все выходные параметры выводить в виде графиков, гистограмм и т.п. Кроме того, перспективными являются направления использования данного пакета в составе САПР СВЧ и в учебных целях. Применение данных программ в учебном процессе значительно повышает качество изучения студентами материалов по приборам магнетронного типа.

Литература: 1. Васянович А.В. Численная модель много-частотного взаимодействия в усилителях с распределенной эмиссией // Сб.: Радиотехника. — Харьков: Вища школа. — 1987. — Вып. 80. — С. 90-96. 2. Фортран и искусство программирования персональных ЭВМ: пер. с англ. М.: Радио и связь. — 1993. — 352 с. 3. Соловьев П.В. Fortran для персонального компьютера. М.: Арист. — 1991. — 223 с.

Поступила в редколлегию 12.12.97

Васянович Анатолий Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ФОЭТ ХТУРЭ. Научные интересы: радиофизика. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-84.

Никитенко Александр Николаевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник кафедры метрологии и измерительной техники ХТУРЭ. Научные интересы: радиофизика. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-84.

Баранов Дмитрий Анатольевич, аспирант кафедры ФОЭТ ХТУРЭ. Научные интересы: радиофизика. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-84.

Яреха Дмитрий Анатольевич, аспирант кафедры ФОЭТ ХТУРЭ. Научные интересы: микрооптоэлектроника. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-84.