

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

Кафедра радиотехнических устройств
Ю.П.Сафоненков

**ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ПАКЕТЫ
ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ В РАДИОТЕХНИКЕ**

ПОСОБИЕ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И
ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ
для студентов заочной формы обучения специальности
160905

Москва - 2008

ББК 6Ф2

С 21

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д.Н. Яманов.

Сафоненков Ю.П.

С 21 Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике: Пособие к изучению дисциплины и выполнению контрольного задания. – М.: МГТУ ГА, 2008. – 24 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ЕН.В.01 «Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике» по Учебному плану специальности 160905, утвержденному в 2001 г. для студентов III курса заочного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 27.12.07 г. и методического совета 22.01.08 г.

Редактор Е.А. Колотушкина

Подписано в печать 31.03.08 г.

Печать офсетная
1,39 усл. печ. л.

Формат 60x84x16
Заказ № 494/609

1,25 уч.- изд. л.
Тираж 200 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Редакционно-издательский отдел

125493, Москва, ул. Пулковская, д. 6а

© Московский государственный
технический университет ГА, 2008

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Настоящая дисциплина изучается на третьем курсе заочной формы обучения. В ходе обучения предусмотрено выполнение одной контрольной работы.

Виды контроля: защита контрольной работы, зачет.

Количество часов лекционных занятий - 6.

Лабораторные занятия - 8 часов.

На самостоятельную работу отводится 76 часов.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина "Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике" обеспечивает базовую подготовку радиоинженеров в изучении теории и принципов работы прикладных программ, используемых при проектировании, моделировании схем, составлении технической документации и необходимых специалисту для грамотной эксплуатации радиоэлектронного оборудования. Она подготавливает студентов к освоению профилирующих дисциплин специальности, рассматривающих теорию и технику радиотехнических систем.

2.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений):

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основы и особенности современного программного обеспечения, их области применения в практике радиоинженера;
- сравнительные технико-экономические характеристики прикладных программ аналогичного назначения;
- основные функции и команды используемых прикладных программ;
- современные средства автоматизированного проектирования радиотехнических устройств, основы использования вычислительной техники при разработке и эксплуатации схем различного назначения, применяемых в ГА;
- правила техники безопасности при работе с вычислительной техникой.

уметь:

- работать с научно-технической литературой по вычислительной технике;
- ориентироваться в современном программном обеспечении;
- работать с вычислительной техникой и грамотно ее применять при оформлении отчетной документации, проектировании, производстве и эксплуатации радиотехнических устройств и систем.

иметь навык:

- работы с вычислительной техникой и прикладными программами, используемыми в деятельности радиоинженера;

- проектирования и испытания радиотехнических устройств с использованием современной вычислительной техники.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1. Основная литература

1) Сафоненков Ю.П. Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2005.

3.2. Дополнительная литература

2) Фигурнов В.Э. IBM PC для пользователя. – М.: Инфра-М, 2006.

3) Берлинер З.М., Глазырина И.Б., Глазырин Б.Э. Microsoft Word 2002: Самоучитель. – М.: ЗАО «Издательство Рино» 2002.

4) Дьяконов В.П. Mathcad 2001: Специальный справочник. – СПб, Питер, 2002.

5) Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007.

6) Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. – М.: Солон - Р, 2003.

7) Разевиг В.Д. Система проектирования OrCad 9.2. – М.: Солон - Р, 2001.

8) Сафоненков Ю.П. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике". ч. 2. Изучение программы SystemView – М: РИО МГТУ ГА, 1998.

4. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ

4.1. Тематическое содержание дисциплины

4.1.1. Тема 1. Введение. Предмет и задачи дисциплины. Общие сведения о возможностях ПЭВМ и современном программном обеспечении. Эксплуатация вычислительной техники (Лекция - 1 час).

Цель и задачи курса, его место в подготовке инженеров радиотехнического профиля. Особенности самостоятельной работы по программе курса.

Назначение и области применения ПЭВМ, их роль в радиоэлектронике и в авиационной технике. Классификация прикладных программ.

Обзор основных этапов развития, эволюция, современное состояние.

Обзор современных программ, их особенности и сравнительные характеристики.

Использование прикладных программ в гражданской авиации. Блок-схемы вычислений. Условные графические обозначения элементов блок-схем.

Применение вычислительной техники при проектировании, изготовлении, испытаниях и эксплуатации радиотехнических устройств. Системы автоматизированного проектирования (САПР).

Эксплуатация вычислительной техники. Перспективы развития программного обеспечения.

Литература: [1] с. 3...7, [2] с. 361...433.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Какие программные средства применяются при проектировании радиотехнических устройств?
- 2) Какие программные средства применяются при проектировании радиотехнических систем?
- 3) Приведите классификацию прикладных программ применительно к своей специальности.
- 4) Как строятся блок-схемы вычислений?
- 5) Каковы условные графические обозначения элементов блок-схем?
- 6) Какие операции выполняют системы автоматизированного проектирования?
- 7) Какие системы автоматизированного проектирования Вы знаете?
- 8) Каковы области применения вычислительной техники в деятельности радиоинженера?
- 9) Где применяются прикладные программы в гражданской авиации?
- 10) Каковы требования охраны труда при использовании вычислительной техники?

4.1.2. Тема 2. Текстовые и графические редакторы (Лекция - 1 час).

Пакет программ Microsoft Office.

Текстовые редакторы, их особенности и сравнительные характеристики. Текстовый редактор Microsoft Word, его функциональные возможности. Особенности работы с ним.

Графические редакторы, их использование для создания рисунков и графиков. Растровая и векторная графика. Общие сведения о популярных редакторах. Редактор Paint, практика работы с ним.

Сканирование и распознавание текстов. Программы-переводчики. Словари. Обучающие программы.

Литература: [1] с. 7...21, [3] с. 39...101, 121...167.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Каковы основные технические возможности программы Microsoft Word?
- 2) Дайте характеристику основных составляющих пакета Microsoft Office.
- 3) Каковы основные приемы работы с таблицами?
- 4) Как осуществляется выбор шрифтов в редакторе Microsoft Word?
- 5) Каковы операции с абзацами в программе Microsoft Word?
- 6) Как осуществляется контекстный поиск и замена в Microsoft Word?
- 7) Каковы функциональные возможности программы Paint?
- 8) Опишите вставку в текст изображений из файлов.
- 9) Как можно нарисовать окружность в программе Paint?
- 10) Как можно нарисовать плавную кривую в программе Paint?

4.1.3. Тема 3. Программы математических вычислений и обработки информации (Лекция - 1 час).

Обзор программ математических вычислений, их возможности и особенности. Сравнительные характеристики широко используемых программ математических расчетов и обработки информации.

Программа MathCad. Команды и функции. Построение графиков. Вывод результатов. Программирование функций в программе MathCad.

Создание и использование электронных книг в инженерных расчетах.

Литература: [1] с. 21...43, [4] с. 25...305.

Вопросы для самоконтроля.

1) Дайте сравнительные характеристики широко используемых программ математических расчетов.

2) Каково назначение и основные особенности программы MathCad?

3) Каково задание функций и переменных в системе MathCad?

4) Опишите основные команды MathCad.

5) Как осуществляется ввод текста в системе MathCad?

6) Какие основные встроенные математические функции MathCad Вы знаете?

7) Как осуществляется спектральный анализ и синтез в системе MathCad?

8) Как построить график в декартовых координатах в системе MathCad?

9) Как построить график в полярных координатах в системе MathCad?

10) Опишите функции линейной и сплайн-интерполяции в MathCad.

4.1.4. Тема 4. Программы моделирования процессов в радиотехнических схемах (Лекция - 1 час).

Обзор программ моделирования процессов в радиоэлектронных схемах. Работа с программой Micro-Cap. Работа с программой Multisim (Electronics Workbench).

Литература: [1] с. 44...53, [5] с. 6...12, 15...82, 129...164, [6] с. 7...83.

Вопросы для самоконтроля.

1) Какие программы моделирования процессов в радиоэлектронных схемах Вы знаете? Их краткая характеристика.

2) Каково назначение и технические возможности программы Micro-Cap?

3) Как в программе Micro-Cap осуществляется ввод схем?

4) Как производится анализ переходных процессов в программе Micro-Cap?

5) Как осуществить частотный анализ в программе Micro-Cap?

6) Как задать в Micro-Cap параметры источника импульсных сигналов?

7) Каково назначение и технические возможности программы Multisim?

8) Как в программе Multisim осуществляется ввод схем?

9) Как произвести анализ переходных процессов в программе Multisim?

10) Опишите органы управления двухлучевого осциллографа из комплекта измерительной аппаратуры в программе Multisim.

4.1.5. Тема 5. Программы сквозного проектирования радиоэлектронных устройств и конструкторские САПР (Лекция - 1 час).

Программы сквозного проектирования радиоэлектронных устройств. Особенности и сравнительные характеристики программ.

Конструкторские программы двумерной и трехмерной графики: Autocad, Компас 3D, В-Cad и другие

Работа с программой OrCad.

Литература: [1] с. 3...5, 53...59, [7] с. 11...52.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Какие программы сквозного проектирования радиотехнических устройств Вы знаете?
- 2) Каково назначение и технические возможности программы OrCad?
- 3) Как осуществляется настройка конфигурации проекта в программе OrCad?
- 4) Как размещать и соединять элементы в программе OrCad?
- 5) Как осуществляется редактирование схем в программе OrCad?
- 6) Опишите работу с блоками в программе OrCad.
- 7) Опишите работу с библиотеками в программе OrCad.
- 8) Как осуществить печать документов в программе OrCad?
- 9) Как создать перечень элементов в программе OrCad?
- 10) Как создать список соединений в программе OrCad?

4.1.6. Тема 6. Программы моделирования процессов в радиотехнических системах (Лекция - 1 час).

Программы моделирования процессов в радиоэлектронных системах. Их особенности. Практика работы с программой System View (в последней версии System Vue).

Литература: [1] с. 60...80, [8] с. 3...88.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Каково назначение элементов меню пиктограмм программы System View?
- 2) Каково назначение элементов основного меню программы System View?
- 3) Как осуществляется ввод структурных схем в программе System View?
- 4) Что такое системное время в программе System View и как его задать?
- 5) Каковы обслуживающие процедуры в программе System View?
- 6) Для чего служит системный пробник в программе System View и как им пользоваться?
- 7) Каково назначение системного калькулятора в программе System View и каковы его возможности?
- 8) Как пользоваться системным калькулятором в программе System View?
- 9) Как осуществляется проектирование электрических фильтров в программе System View?
- 10) Опишите работу с макромоделями в программе System View.

4.2. Методические указания к изучению дисциплины

При самостоятельной работе над материалами дисциплины особое внимание следует обратить на особенности современного программного обеспечения, его области применения в практике радиоинженера. Надо знать области применения, особенности, сравнительные характеристики программ, назначение команд управления. Студент должен уметь использовать программное обеспечение в повседневной деятельности, владеть инженерными методами расчета элементов и параметров схем и систем. Анализ работы устройств в моделирующих программах должен способствовать формированию навыков определения неисправностей.

5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

1) Операционная система Windows, работа с ее функциями. Пакет программ Microsoft Office. Работа с текстовым редактором Word. Графический редактор Paint - 1 час.

2) Программа математических вычислений MathCad. Операторы и функции. Радиотехнические расчеты с помощью программы MathCad. Программирование и работа с электронными книгами - 3 часа.

3). Моделирование процессов в радиотехнических схемах с помощью программы Micro-Cap - 1 час.

4) Изучение программы Multisim - 1 час.

5) Изучение работы программы сквозного проектирования радиоэлектронных устройств OrCad - 1 час.

6) Изучение программы моделирования процессов в радиоэлектронных системах System View - 1 час.

6. КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА

Контрольное задание выполняется после проработки материалов курса, предусмотренных программой.

Контрольное задание выбираются по последней цифре номера студенческого билета.

В тематику контрольного задания входят варианты, связанные с оценкой усвоения материалов курса и демонстрирующие результаты применения прикладных программ в производственной деятельности радиоинженера.

Контрольное задание выполняется на сшитых листах писчей бумаги формата А4 по ГОСТ 2.105-79, либо в стандартной ученической тетради с наклейкой распечаток результатов работы.

7. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Контрольное задание состоит из двух разделов.

В первом из них следует ответить на контрольные вопросы по шести темам изучаемой дисциплины, соответствующие последней цифре номера

студенческого билета (цифре 10 контрольного вопроса соответствует цифра 0 номера студенческого билета).

Так как параллельно на третьем курсе ведется проектирование по дисциплинам “Схемотехника” и “Радиотехнические цепи и сигналы”, то с целью развития практических навыков использования вычислительной техники во втором разделе следует выполнить в соответствии с выданным вариантом курсовой работы (проекта) по упомянутым смежным дисциплинам следующее задание:

Таблица 1

Вариант	Задание
1	С помощью выбранной студентом прикладной программы нарисовать схему устройства, проектируемого по дисциплине “Радиотехнические цепи и сигналы ”
2	С помощью выбранной студентом прикладной программы нарисовать схему устройства, рассчитываемого по дисциплине “Схемотехника ”
3	С помощью программы Micro-Cap произвести моделирование работы любого каскада или узла, проектируемого по дисциплине “Радиотехнические цепи и сигналы ”
4	С помощью программы Micro-Cap произвести моделирование работы любого каскада или узла, проектируемого по дисциплине “Схемотехника ”
5	С помощью программы MathCad произвести расчет любого каскада или узла, проектируемого по дисциплине “Радиотехнические цепи и сигналы ”
6	С помощью программы MathCad произвести расчет показателей любого каскада или узла, проектируемого по дисциплине “Схемотехника ”
7	С помощью программы Multisim произвести моделирование работы любого каскада или узла, проектируемого по дисциплине “Радиотехнические цепи и сигналы ”
8	С помощью программы Multisim произвести моделирование работы любого каскада или узла, проектируемого по дисциплине “Схемотехника ”
9	С помощью программы SystemView произвести моделирование работы любого узла, проектируемого по дисциплине “Радиотехнические цепи и сигналы ”
0	С помощью программы SystemView произвести моделирование работы структурной схемы и процесса, исследуемого в дисциплине “Схемотехника ”

Работа должна сопровождаться описанием основных шагов использования заданной прикладной программы.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

Персональные ЭВМ являются важной составной частью практически любого технологического процесса. Они привели к интенсификации труда, определили качественное изменение деятельности современного инженера, вызвав переход от рутинной работы к творческой.

В функциональные обязанности радиоинженера обычно входят:

- работа с документами и книгами,
- поиск и перевод технической информации,
- составление текстовой и графической документации,
- создание и обработка баз данных,
- проведение математических расчетов,
- разработка и испытание радиотехнических устройств,
- оценка работы и испытание радиотехнических систем,
- сопровождение производства радиотехнических изделий.

В этом плане, помимо программ общего применения, одним из важных средств современной организации труда являются системы автоматизированного проектирования (САПР), ориентированные на подготовку чертежей, составление спецификаций, перечней элементов, схем, разводку печатных плат, моделирование процессов в аналоговых и цифровых цепях и т.д. Как правило, САПР имеют развитые библиотеки данных, что практически исключает обращение к литературе и создает удобства пользователю.

Не вдаваясь в рассмотрение программных средств общего применения, по которым имеется огромное количество справочной литературы, рассмотрим основные особенности наиболее распространенных специализированных пакетов программ и порядок работы с ними применительно к деятельности радиоинженера.

Подробное описание некоторых программ содержится в [1]...[8]. Здесь будут даны только сведения, достаточные для начального их освоения.

Основным рабочим инструментом в прикладных программах является манипулятор «мышь», а объектами – пиктограммы (условные обозначения в виде рисунков). При этом условимся, что под нажатием на пиктограмму (или изображенную на экране кнопку) будем понимать подведение курсора «мыши» к этой пиктограмме и нажатие на левую кнопку «мыши».

Под перемещением объекта будем понимать подведение к нему курсора «мыши», нажатие на ее левую кнопку и перенесение объекта на нужное место. Только после этого упомянутую кнопку отпускают. Выделение области чертежа производят аналогичным образом, подводя курсор «мыши» к одному из углов воображаемого прямоугольника, и, отпуская кнопку в другом.

Строка меню любой программы обеспечивает доступ ко всем командам программы. Панели инструментов содержат кнопки и раскрывающиеся списки, с помощью которых можно выполнять часто используемые операции и настраивать наиболее важные параметры.

В заголовке окна любой программы есть элементы управления. В левой части строки помещена стандартная кнопка управления окном, а в правой части – три маленькие кнопки для свертывания окна , развертывания его во весь экран  и закрытия . Они позволяют разворачивать, сворачивать, масштабировать, перемещать и закрывать окна документов. Последующие строки содержат меню и пиктограммы, предназначенные для управления той или иной программой.

Основную часть экрана занимает окно редактирования. В большинстве программ первоначально оно пустое. Полосы прокрутки на нижней и правой кромке текущего окна (иногда называемые слайдерами) предназначены для перемещения изображения на экране по горизонтали и вертикали. Для этого достаточно установить курсор-стрелку мыши на строке прокрутки (квадратик со стрелкой, указывающей направление перемещения) и нажать левую клавишу мыши. При этом будет обеспечено плавное, но медленное перемещение изображения в окне. Можно перемещать изображение намного быстрее, установив курсор-стрелку в поле ползунка и также нажав клавишу мыши. При этом длина ползунка соответствует полной длине документа, так что курсором можно сразу приблизительно указать на часть документа, выводимую в окно.

Пакет Microsoft Office 2007 позволяет создавать документы различного назначения. В него входит двенадцать прикладных программ, позволяющих решать разнообразные задачи. Эти программы в значительной степени взаимосвязаны, имеют схожее оформление и инструменты, но все же каждая из них является самостоятельным приложением.

Рассмотрим основные этапы применения программного обеспечения в работе радиоинженера.

8.1. Рисование схем

Для составления текстовой документации принято использовать Microsoft Word 2007 – мощный текстовый процессор. С его помощью можно не только отформатировать и красиво оформить многостраничный текст, вставить графики, таблицы и рисунки.

Электрические схемы радиотехнических устройств составляют с помощью средств, входящих в состав графических редакторов, схемных редакторов моделирующих программ, программ САПР.

Для создания небольших по объему схем удобно пользоваться графическими модулями программ Office.

В Word, PowerPoint и Excel есть специальная панель инструментов *Рисование* (Drawing), которая позволяет украшать документы разнообразными фигурами. Чтобы такие фигуры были видны в документе Word, надо переключиться в режим разметки страницы или в режим электронного документа. Если панель инструментов рисования отсутствует на экране, то надо нажать с помощью «мыши» на кнопку *Рисование* (Drawing) панели инструментов *Стандартная* (Standard) ([1] с. 11).

Меню *Действия* (Draw) и *Автофигуры* (AutoShapes) позволяют рисовать самые разнообразные графические объекты и выполнять с ними многие операции, такие как группировка, равномерное распределение по странице или вращение. С помощью панели инструментов *Рисование* (Drawing) можно рисовать достаточно сложные схемы, не прибегая к услугам графических редакторов.

Широко распространенный графический редактор Microsoft Paint позволяет выполнить любой чертеж или рисунок, который может быть использован в технической документации. Эти рисунки можно делать черно-белыми или цветными и сохранять их в виде файлов. Созданные рисунки можно выводить на печать, использовать в качестве фона рабочего стола либо вставлять в другие документы. Программа имеет самостоятельное значение и предназначена для работы в среде Windows.

Графический редактор Paint используется для работы с точечными рисунками формата JPG, GIF или BMP.

Выбор вида операций осуществляется подведением курсора к нужной пиктограмме ([1] с. 18) с нажатием левой кнопки «мыши».

Для построения линий с выбранной ранее толщиной служит операция *Линия*. В открывшемся меню можно выбрать толщину линии. В точке, где должна начинаться линия, надо нажать левую кнопку «мыши» и, не отпуская ее, довести до конечной точки. Горизонтальные, вертикальные и наклоненные под углом 45° линии вычерчиваются при нажатой клавише Shift. При перетаскивании указателя используется основной цвет. Чтобы использовать вторичный цвет, перемещают указатель, удерживая нажатой правую клавишу мыши.

Средство для построения кривых линий (*Кривая*) дает возможность после прочерчивания изгибать в нужном направлении нарисованную линию путем установки курсора в выбранные на ней две точки и их передвижения при нажатой левой кнопке «мыши».

Для рисования различных фигур могут быть использованы такие инструменты, как *Карандаш*, *Кисть*, *Распылитель*, имитирующие их действие. Форму кисти и ширину струи разбрызгивателя можно изменять в открывающемся меню. Рисование прямоугольников с острыми и скругленными краями, многоугольников, эллипсов и окружностей производится с использованием таких инструментов, как *Прямоугольник*, *Многоугольник*, *Скругленный прямоугольник*, *Эллипс*. Рисование фигур с первичным или вторичным цветом производится с помощью левой или правой клавиши «мыши». Вид фигур: с заливкой или без выбирается в открывающемся меню.

Для рисования схем удобно также пользоваться схемными редакторами ряда программ: Micro-Cap, Multisim, OrCad и другими. Например, составление схемы в программе Micro-Cap происходит следующим образом ([1] с. 44...48) .

Выбираем режим *Schematic*. Появится пустое поле для рисования схемы. По результатам предварительного расчета устройства, которое требуется спроектировать, будем вводить схему.

Для этого следует войти в меню *Component* и выбрать курсором нужный элемент. Нажать и отпустить левую кнопку «мыши». На курсоре появится значок в виде условного графического элемента. В нужном месте чертежа нажать левую кнопку «мыши». Не отпуская ее, скорректировать положение элемента движением «мыши». Если требуется повернуть элемент на 90° , то одновременно следует нажимать и отпускать правую кнопку «мыши» до занятия элементом желаемого положения. Фиксация элемента на схеме происходит после отпускания левой кнопки «мыши».

После установки на схему элемента появляется диалоговое окно атрибутов, к которым, в простейшем случае, относится позиционное обозначение PART (например, R1, R2, C1), величина VALUE (например, 2.2k, 100pF, 15uH), имя модели для активного элемента MODEL. После указания параметров элемента он размещается на поле чертежа.

Завершив расстановку элементов на схеме, их соединяют. Для этого надо выбрать режим ввода проводников, нажав курсором на пиктограмму .

Начало проводника отмечается нажатием левой кнопки «мыши» на выводе компонента. Если курсор движется по горизонтали или вертикали, то прокладывается линейный проводник. Если же он движется по диагонали, образуется один изгиб под углом 90° . Отпускание клавиши фиксирует окончание линии. Электрическое соединение проводников образуется, когда проводник заканчивается в средней части другого проводника, образуя T - образную цепь. Наличие соединения обозначается точкой. Соединение образуется также, когда проводник пересекает конечную точку другого проводника или вывод компонента. Если в процессе проведения проводника в точке пересечения не останавливаться, то соединение не происходит и точка не проставляется. Перемещение, вращение, зеркальное отображение, копирование и удаление объектов начинают с нажатия пиктограммы выбора объекта и указания на сам объект или очерчивания интересующей области чертежа. Перемещение осуществляется буксировкой объекта, а остальные операции – выбором соответствующих пиктограмм.

Аналогичные операции выполняют в программе Multisim ([1] с. 48...53). Схема изображается в графическом виде привычным образом. Из меню компонентов ([1] с. 51) выбирают нужную библиотеку. В библиотеке находят нужный элемент. Движением мыши символы компонентов переносят на схему. При необходимости вращение элемента осуществляют после его выделения левой клавишей «мыши» и нажатии на ее правую клавишу. В появившемся меню следует выбрать направление вращения элемента. Затем выполняют электрические соединения. В отличие от Micro-Cap при соединении элементов достаточно указать начальный и конечный вывод цепи и цепь будет проложена автоматически. При необходимости ее можно корректировать, изменяя положение проводника. К нужным контрольным точкам из меню радиоэлектронных приборов присоединяют необходимые измерительные инструменты (рис. 1).

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОГРАММЫ MULTISIM
 Двухканальный осциллограф Четырехканальный осциллограф Аналого-цифровой осциллограф фирмы Agilent

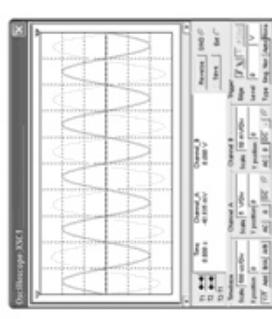
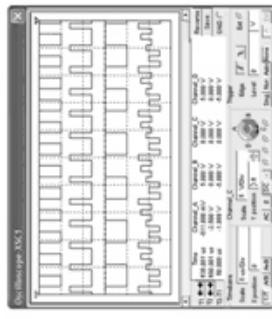
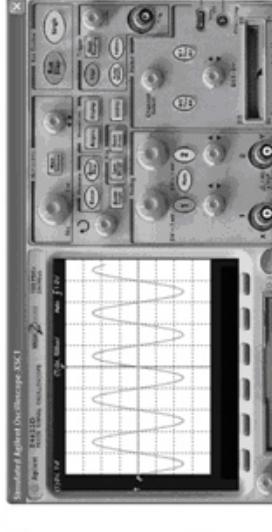
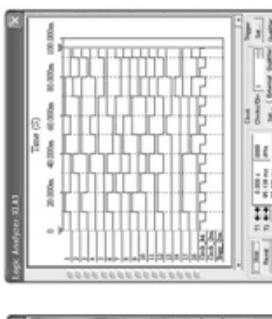
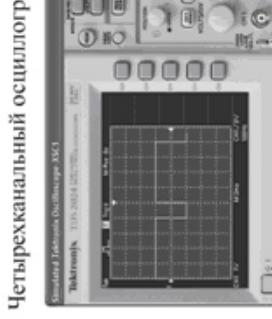
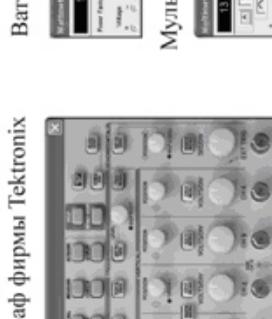
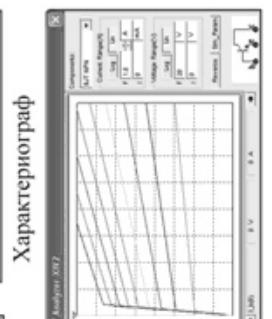
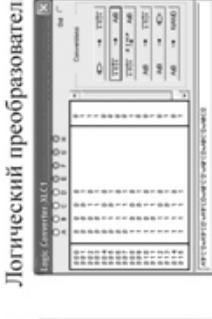
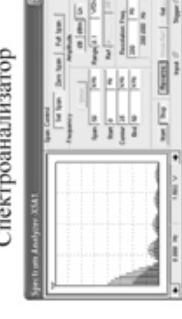
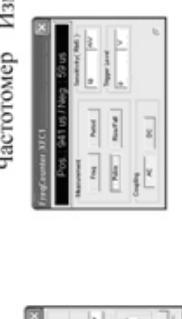
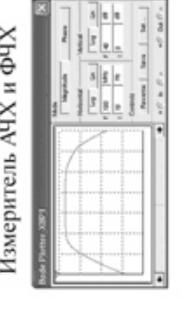
 <p>Двухканальный осциллограф</p>	 <p>Четырехканальный осциллограф</p>	 <p>Аналого-цифровой осциллограф фирмы Agilent</p>	 <p>Логический анализатор</p>
 <p>Четырехканальный осциллограф фирмы Tektronix</p>	 <p>Ваттметр</p>	 <p>Измеритель полных сопротивлений</p>	 <p>Характериограф</p>
 <p>Генератор сигналов фирмы Agilent</p>	 <p>Мультиметр фирмы Agilent</p>	 <p>32-канальный генератор слов</p>	 <p>Логический преобразователь</p>
 <p>Спектроанализатор</p>	 <p>Частотомер</p>	 <p>Генератор</p>	 <p>Измеритель АЧХ и ФЧХ</p>

Рис. 1

Создание структурных схем в программе SystemView производят следующим образом. Слева от рабочего поля в системном окне при помощи манипулятора «мышь» выбирают и переносят на чертеж обозначение библиотеки. Щелчком правой кнопки «мыши» раскрывается меню библиотеки. В каталоге библиотеки отыскивают нужный блок. Задание параметров блока производят после еще одного щелчка «мыши». Содержимое библиотек также можно просмотреть с помощью операции *Navigator*.

Имеются следующие библиотеки функциональных блоков.

Основные библиотеки (Main Libraries):

- источники детерминированных и случайных сигналов (Sources);
- макросхемы (MetaSystem);
- сумматоры (Adder);
- устройства ввода/вывода макросхем (MetaSystem I/O);
- линейные и нелинейные операции (Operators);
- функциональные линейные и нелинейные преобразователи (Functions);
- перемножители (Multiplier);
- устройства измерения и отображения характеристик (Sinks).

Дополнительные библиотеки (Optional Libraries):

- библиотеки пользователей (Custom Token Library);
- системы связи (Communications);
- устройства цифровой обработки сигналов (Bit-True DSP);
- цифровые логические устройства (Logic Library);
- аналоговые высокочастотные устройства (Distortion-True RF/Analog)
- решение задач с помощью программы Matlab (M-Link)
- многофункциональное устройство (Scheduler).

Для решения специализированных задач в библиотеки пользователей могут подключаться библиотеки, разработанные как самой фирмой Elanix, так и другими фирмами, например, компанией EnTegra.

Основное меню и меню пиктограмм в системном окне ([1] с. 60) служат для создания исследуемой системы и управления ее функциями.

Основное меню предназначено:

- для работы с файлами (*File*),
- редактирования схем (*Edit*),
- задания параметров (*Preferences*),
- введения условий отображения (*View*),
- создания пояснительных надписей (*NotePads*),
- осуществления межблочных соединений и контроля над ними (*Connections*),
- управления процессом моделирования (*Compiler*),
- работы с системой (*System*),
- работы с функциональными блоками (*Tokens*),
- использования дополнительных средств моделирования (*Tools*),
- получения справочной информации через файлы помощи и Интернет (*Help*).

Изучим назначение каждой кнопки в меню пиктограмм.

Clear System (Очистка рабочего поля). Нажатие на данную пиктограмму приводит к очистке системного окна.

Delete (Удаление объектов). Нажатие на данную пиктограмму приводит к удалению одного или нескольких объектов. Для удаления одного объекта достаточно нажать на пиктограмму и указать на удаляемый объект. Если удаляется группа объектов, то надо нажать клавишу Ctrl, а затем левую кнопку «мыши», перемещая которую по чертежу, выделить удаляемую часть схемы. Если же данную операцию произвести при нажатой правой кнопке «мыши», то удалены будут объекты, находящиеся вне выделенного участка схемы. Объект можно удалить, не пользуясь кнопкой *Delete* основного меню. Для этого достаточно вернуть объект в меню объектов на свое место.

Disconnect (Разъединение блоков). С помощью данной пиктограммы производят разъединение блоков в схеме. Для этого нажимают «мышью» на данное изображение и затем указывают ею на соединенные блоки.

Connect (Соединение блоков). Для соединения двух блоков надо нажать эту кнопку и затем указать, откуда и куда передается сигнал. Появится линия со стрелкой, направленной от указанного первым блока ко второму. Для быстрого соединения блоков подводят курсор с правой стороны блока, откуда направлен сигнал и ожидают появления вертикальной стрелки. Нажимают левую клавишу «мыши» и ведут соединительную линию к блоку, куда должен подходить сигнал. Затем отпускают левую кнопку «мыши». Произойдет соединение блоков.

Duplicate Tokens (Дублирование блоков). Кнопка дублирует вызов нужного блока или группы блоков из библиотеки. Для этого нажимают кнопку *Duplicate* и затем указывают тот блок на схеме, условное обозначение которого надо повторить. Для дублирования группы блоков нажимают кнопку *Duplicate* и клавишу Ctrl, заключают блоки в рамку, а затем перемещают их на нужное место.

Reverse (Изменение направления подачи сигналов). С помощью данной пиктограммы можно поменять направление движения сигнала между блоками.

New Note (Создание окна пояснений). Выбор данного режима позволяет ввести текстовую область для заголовка или примечаний. Размер и положение этой области можно изменять.

Create MetaSystem (Создание макросхемы). С помощью данного изображения можно создать макросхему из выбранной на схеме группы блоков. Для этого надо нажать кнопку *MetaSystem* в полосе пиктограмм, а затем клавишу Ctrl. Нажав левую клавишу «мыши» и, перемещая ее по схеме, очерчивают блок, внутри которого находятся элементы макросхемы. После отпускания кнопки «мыши» и клавиши Ctrl программа *SystemView* создаст макросхему и автоматически добавит устройства ввода и вывода, где это необходимо.

View MetaSystem (Просмотр макросхемы). Пользуясь данной пиктограммой можно просматривать и редактировать внутреннюю структуру макросхем в системе. Для просмотра макросхемы нажимают кнопку *View MetaSystem* и затем выбирают интересующее изображение макросхемы на рабочем поле. Поя-

вится новое системное окно (окно макросхем), показывающее содержимое выбранной макросхемы.

Root Locus (Карта нулей и полюсов линейной системы). Пиктограмма позволяет построить расположение полюсов и нулей линейной системы. При вычислении передаточной функции системы без обратной связи, программа *SystemView* предполагает, что до нажатия кнопки *Root Locus* цепь обратной связи разомкнута в точке ее выхода.

Bode Plot (Изображение АЧХ и ФЧХ линейной системы). По нажатию данной пиктограммы можно вычислить частотные и фазовые характеристики алгебраической системы (построить диаграмму Боде).

ReDraw (Перечерчивание схемы). При нажатии данной кнопки происходит перечерчивание всей схемы.

Cancel (Отмена операций). Прерывает выполнение продолжительных операций, таких, как моделирование сложных процессов, операции удаления блоков и связей, соединения блоков и т. д. (аналогично действию клавиши Esc).

Run System (Запуск моделирования). Нажатие с помощью «мыши» данной пиктограммы приводит к запуску моделирования системы.

System Time (Системное время). Использование данной пиктограммы позволяет выйти в окно системного времени. Здесь задают основные временные интервалы в исследуемой системе.

Analysis Window (Окно результатов измерения). С помощью данного обозначения осуществляют переход в окно результатов измерения (или окно анализа). Аналогичную операцию можно выполнить, нажав *Ctrl+A* на клавиатуре.

После соединения блоков имеем структурную схему устройства.

8.2. Моделирование работы радиотехнических устройств

Моделирование процессов в схемах производится с использованием соответствующих программ.

Например, в программе *Micro-Cap* после нанесения схемы надо нажать кнопку вывода номеров узлов ([1] с. 44) и запомнить интересующие точки, в которых предполагается изучить те или иные показатели схемы.

Вид анализа характеристик схемы указывается в меню *Analysis*. Это:

Transient Analysis - анализ переходных процессов и расчет рабочих точек,

AC Analysis - анализ частотных характеристик,

DC Analysis - анализ передаточных функций по постоянному току.

Выбрав команду *Transient Analysis*, переходим в меню задания параметров моделирования ([1] с.46).

Здесь в строке *Time Range* надо указать длительность интервала наблюдения, в строках *Maximum Time Step* и *Number of Points* - максимальный шаг и количество расчетных точек.

В графах *Operating Point* или *Operating Point Only* указывают на необходимость одновременно с расчетом переходных процессов или без него выполнения расчета режима по постоянному току.

В нижней части окна в графе *Y Expression* указывают имена переменных, графики которых нужно построить. При этом допускается применение математических выражений и функций, например, для выравнивания масштабов отображаемых величин или для их математической обработки. Примеры некоторых имен переменных:

$V(5)$ - потенциал узла 5,

$V(6,4)$ - разность потенциалов между узлами 6 и 4,

$VBE(VT1)$ - напряжение база-эмиттер транзистора VT1,

$I(V1)$ - ток через источник сигнала V1,

$I(V1)*V(V1)$ - мгновенная мощность источника сигнала V1,

$CVC(VT1)$ - емкость перехода база-коллектор транзистора VT1,

$FFT(V(6))$ - спектр напряжения в узле 6 (при этом по оси X нужно откладывать частоту F),

$D(QA)$ – логический уровень сигнала в цифровом узле QA.

Цвет графиков назначается в меню, которое появляется после нажатия на пиктограмму . Если из-за различия в масштабах на одном графике нельзя строить несколько кривых, то их размещают отдельно, указывая в графе P номер графика. Масштаб графиков по осям X и Y указывается в явном виде в графах X Range, Y Range или выбирается автоматически, если пометить курсором панель *Auto Scale Range*.

Моделирование начинается после нажатия на панель Run. После анализа полученных результатов выйти в окно схем можно, нажав клавишу F3.

Расчет частотных характеристик производится после выбора в меню Analysis режима *AC Analysis*. Условия расчета указываются в окне, показанном в [1] с. 47.

В строке *Frequency Range* указывают границы диапазона частот, а в строке *Frequency Step* - тип шага по частоте (выбираемый автоматически, линейный, логарифмический). Число расчетных точек указывают в графе *Number of Points*.

Для расчета частотных характеристик к входу схемы должен быть подключен источник синусоидального или импульсного сигнала.

В графе *Y expression* указывают имена переменных для построения графиков, причем переменные могут быть не только действительными, но и комплексными. Примеры их записи:

$V(1)$ - модуль напряжения в узле 1,

$db(V(1))$ - модуль напряжения в узле 1 в децибелах,

$re(V(1))$ - действительная часть напряжения в узле 1,

$im(V(1))$ - мнимая часть напряжения в узле 1,

$ph(V(1))$ - фаза напряжения узла 1 в градусах

$gd(V(1))$ - групповое время запаздывания (производная по фазе),

Расчет передаточных функций по постоянному току имеет смысл только в схемах с непосредственными связями и выполняется аналогично.

В программе Multisim моделирование процессов, происходящих в радиотехнических схемах, производится в среде, осуществляющей имитацию изме-

рительной аппаратуры, вплоть до воспроизведения внешнего вида лицевой панели и органов управления (рис. 1). Подключив измерительные приборы, приступают к моделированию. Запуск на моделирование осуществляют кнопкой .

Результаты работы схемы оценивают по показаниям соответствующих радиоизмерительных приборов. Действуя органами управления измерительных приборов, надо добиться изображения измеряемых величин в нужном масштабе.

Возможно изменение параметров компонентов нажатием клавиш. Например, если в схеме имеется потенциометр, то сопротивление его можно уменьшить, например, нажатием клавиши A или увеличить нажатием Shift+A.

Есть кнопочные переключатели, управляемые с клавиатуры. При этом параметры управляемых компонентов можно изменять, не прерывая моделирования.

Перед моделированием работы схемы в программе SystemView очень важно задать системное время. Временные интервалы указывают после нажатия кнопки системного времени в меню пиктограмм. Все данные заносятся в окно системного времени ([1] с. 65).

В проектируемой системе важно определить тактовую частоту. Результирующая частота отсчетов будет максимальной, действующей в модели. Если проектируется система со смешанным режимом (цифровым и аналоговым) или со смешанной схемотехникой, то для одной и более цепей в модели частоту отсчетов можно изменить и создать вариант со смешанными скоростями обработки сигналов. Этого можно достичь, используя блоки дециматора (прореживателя), выборки, хранения, восстановления сигнала, задержки или выборки с задержкой (Decimate, Sampler, Hold, Resampler, Delay или Sampler Delay), находящиеся в библиотеке операторов, а также функциональные блоки вычитания или мультиплексирования (Extract или Multiplex) в библиотеке функций. В этом случае системная скорость, задаваемая основным тактовым генератором, не используется. В блоках, получающих входные сигналы с различными частотами, данные обрабатываются с наивысшей для системы скоростью.

Несколько слов о задаваемых параметрах.

Start Time / Stop Time (Время начала и конца моделирования).

Эти параметры определяют пределы основной временной области системы. Конечно, время конца моделирования t_{stop} должно быть больше времени начала t_{start} моделирования.

Sample Rate / Time Spacing (Частота отсчетов. Разнос их по времени). Эти параметры задают временной интервал, используемый для моделирования системы. Так как программа SystemView функционирует на машине с дискретным временем, то разрабатываемая система также будет дискретной во времени. Можно задавать либо частоту отсчетов f_s , либо разнос их по времени T_s , но эти два параметра зависимы и связаны соотношением $f_s = 1 / T_s$.

Изменение одного из этих параметров автоматически ведет к соответствующему изменению второго.

При моделировании аналоговых (непрерывных) систем основное правило для выбора частоты отсчетов состоит в том, чтобы она была хотя бы в три-четыре раза выше максимальной частоты, действующей в системе.

No of Samples (Число отсчетов N). Это число определяет количество временных отсчетов, которые будут обработаны при моделировании системы. Основное соотношение, которое связывает задаваемые величины

$$N = (t_{\text{stop}} - t_{\text{start}}) \cdot f_s + 1.$$

Уравнение включает в себя три переменных и подчиняется следующим правилам:

- если изменяют число отсчетов, то начальное время не меняется, а конечное время соответственно пересчитывается,
- если изменяют начальное или конечное время (или сразу оба), то число отсчетов будет изменено,
- допустимо только целочисленное задание числа отсчетов. Если же в основном соотношении не получается целого числа, то оно будет округлено до ближайшего целого. Системное время запустится по начальному времени, а моделирование закончится в соответствии с указанным числом временных интервалов. Заметим, что частота следования отсчетов останется фиксированной, если ее не изменяли.

Freq. Res. (Разрешение по частоте). Это значение задает точность воспроизведения частотных характеристик, достижимую при заданном интервале времени системного моделирования. Данная величина рассчитывается из основной формулы $\Delta f = f_s / N$.

Update (Восстановление временных значений). При изменении ранее введенных временных параметров, все связанные с ними данные автоматически пересчитываются, когда кнопка *Update* нажата. Нажатие кнопки *OK* дает тот же эффект. Нажатие кнопки *Reset* восстанавливает прежде сохраненные значения.

Auto Scale (Автоматический масштаб). Этот признак облегчает операции преобразования Фурье. Процедура быстрого преобразования Фурье использует основание 2 для оптимизации скорости вычислений. Системой будут выдаваться нули, если число отсчетов не соответствует степени числа два. При этом время окончания моделирования подстраивается автоматически. Операция *Undo Set* возвращает первоначальные установки.

Number of System Loops (Reset / Pause System on Loops, Select Loops) - (Число циклов испытаний системы (начальная установка / пауза в испытаниях, выбор номера цикла)).

Здесь учтена важная особенность программы *SystemView*. Она позволяет автоматически повторять исследования системы при различных параметрах для каждого испытания. И важно рассчитать эффект от использования этой возможности. Операция начальной установки (*Reset System On Loop*) проверяет, что произошло в разрабатываемой системе в конце каждого испытания. Если опция не выбрана, то параметры системы будут запоминаться от испытания к испытанию. Если, например, в системе имеется интегратор или фильтр, то вы-

ходной сигнал, полученный в конце каждого испытания, просто станет начальным для следующего испытания.

Если операция начальной установки (*Reset*) активна, то все значения функциональных блоков обнуляются на каждом из испытаний. Таким образом, возможна статистическая обработка всех измерений. Например, можно провести повторяющиеся испытания с целью усреднения результатов по многим измерениям. При этих измерениях рационально воспользоваться функцией усреднения системного калькулятора.

Предположим, что мы имеем систему, где к синусоидальному сигналу добавлен шум и используется быстрое преобразование Фурье. Отношение сигнал/шум в процессе быстрого преобразования Фурье можно улучшить, установив число измерений L больше единицы. При каждом измерении действует свой шумовой сегмент. После операции усреднения системного калькулятора отдельные сегменты сводятся воедино. Части сигнала суммируются когерентно, в то время как уровень шума уменьшается пропорционально корню квадратному из L .

Возможность использования остановки измерений (*Pause On Loop*) дает возможность прервать моделирование в конце каждого цикла и анализировать текущие результаты. Например, можно перейти в окно анализа и наблюдать форму полученного колебания. Операция выбора цикла (*Select Loop*) доступна только в режиме *Pause On Loop*.

Для проверки установок системного времени:

- надо поставить курсор на кнопку *Time* или
- нажать левую кнопку «мыши» где-либо в области схемы системы.

На информационной панели внизу экрана появится системное время.

Окно результатов измерений является основным средством, используемым для наблюдения процессов с помощью устройств измерения и отображения характеристик (*Sinks*). Имеется множество опций, которые обеспечивают гибкость и информативность отображаемых процессов. Как и раньше, все эти опции доступны с использованием «мыши».

Запуск на моделирование осуществляют кнопкой ►. По окончании моделирования процессов в системе при выходе в окно результатов измерений получим графики нужных величин в интересующих точках.

Окно результатов измерений снабжено мощным калькулятором выходных сигналов (*Sink Calculator*), который предоставляет средства для операций обработки процессов в блоках внутри или между отдельными окнами с графиками. Эти операции обработки сигналов в блоках могут быть связаны в последовательные процедуры и автоматически обновляться при вводе новых данных моделирования.

8.3. Проведение инженерных расчетов

Инженерные расчеты выполняют в среде математических программ.

В качестве программной среды для расчетов при проектировании радиотехнических систем удобно пользоваться системой *Mathcad*. Выбор ее

объясняется тем, что здесь удачно сочетаются возможности ввода в привычном виде математических выражений, вставки комментариев и русскоязычных текстов, рисунков, великолепная графическая поддержка вывода результатов расчетов не только в виде обычных декартовых зависимостей, но и в виде круговых диаграмм, столбчатых графиков, трехмерных графиков и их сечений.

Описание математических алгоритмов в системе Mathcad производится с применением общепринятой символики для математических знаков. Это упрощает освоение программы и позволяет записывать выражения в естественной математической форме. Практически все операторы, имеющие вид привычных математических символов и отсутствующие на стандартной клавиатуре компьютера, можно вводить с нее сочетанием клавиш. Ввод операторов можно выполнять «мышью» из соответствующих библиотек, причем большинство математических функций (например, \sin , \cos , \exp и т. д.) имеют естественную форму задания, например, $\sin(x)$ так и вводится как $\sin(x)$. Ввод математических знаков, операторов и графиков в программе Mathcad облегчается благодаря наличию соответствующих шаблонов. Для этого в меню пиктограмм имеются значки наборных панелей с шаблонами различных математических символов. Часть из них можно также набирать комбинацией клавиш.

В системе Mathcad имеется три редактора: формульный, текстовый и графический. Работа с ними происходит с помощью курсора и визира.

При установке курсора «мыши» в любом свободном месте окна редактирования и нажатии левой клавиши появляется визир в виде маленького красного крестика. Его можно перемещать клавишами перемещения курсора. Визир указывает место, с которого можно начинать набор формул – вычислительных блоков. Визир не надо путать с курсором мыши, который имеет вид жирной наклонной стрелки. Щелчок левой клавиши «мыши» устанавливает визир на место, указанное острием стрелки курсора «мыши». В зависимости от места расположения визир может менять свою форму. Так, в области формул визир превращается в синий уголок, указывающий направление и место ввода. В области текстовых комментариев визир имеет вид красной вертикальной черты.

Рассмотрим процесс создания нового документа.

При запуске программы по умолчанию предлагается для работы пустой лист стиля Normal.

Для создания нового документа, кроме того, служат кнопка *New* с изображением чистого листа или соответствующая команда из меню *File*. После выполнения этой команды появится окно задания стиля. При этом только стиль Normal (Нормальный) создает пустое окно редактирования.

Запуск формульного редактора происходит при установке курсора «мыши» в любом свободном месте окна редактирования и нажатии левой клавиши.

Ввод математических выражений осуществляется следующим образом.

Вычислять арифметические выражения можно непосредственно. Для этого надо ввести выражение и знак равенства, например:

$$3 + 4/117 =$$

и Mathcad выдаст результат. Отсюда видно, что знак равенства в системе зарезервирован для указания о выводе результата на экран дисплея. В обычной математике знак равенства интерпретируется в математических выражениях по контексту. Это может быть либо присвоение переменной какого-то значения, либо вывод результата вычислений. В машинных программах такая двойственность недопустима. Поэтому за знаком равенства [=] оставлена только функция вывода результата вычислений, а присваивание значения переменной реализуется с помощью формируемого системой сложного знака [: =] (двоеточие с равенством). Практически для этого надо набрать знак двоеточия и система сама сформирует знак присвоения.

Таким образом, для того, чтобы определить переменную величину надо ввести имя переменной, двоеточие и число или выражение, например:

$$U : 6 \quad \text{или} \quad y : m \cdot x + b.$$

На экране появится

$$u := 6 \quad \text{или} \quad y := m \cdot x + b.$$

Если m , x и b ранее были определены, то и переменная y будет тоже определена.

При циклических вычислениях ввод переменной с пределами изменения производится следующим образом:

$$\text{Переменная} := n1, n2..n3,$$

где $n1$ - начальное значение,
 $n2$ - следующее значение,
 $n3$ - конечное значение.

Здесь знак ".." вводится набором точки с запятой [;]. Например,

$$t := -1, -0.99 .. 1.$$

Теперь переменная t будет принимать значения от -1 до 1 с шагом 0.01 .

В частном случае, если шаг изменения переменной равен ± 1 , то $n2$ можно не вводить. Например,

$$t := 0 .. 10.$$

Переменная примет значения от 0 до 10 с шагом 1 .

Задание функции производят следующим образом:

$$\text{функция (аргументы)} := \text{выражение.}$$

Здесь аргументы – список имен, перечисленных через запятые. Например,

$$\alpha := -2 \cdot \pi, -2 \cdot \pi + 0.01 .. 2 \cdot \pi$$

$$F(\alpha) := \sin(\alpha) / \alpha.$$

Подстрочные символы в переменные вводятся через точку. Например, для того, чтобы получить переменную a_k надо нажать последовательно $a . k$.

Более подробно о работе с программой можно узнать, например, в [1] или [3].

9. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

- Программа MathCad с электронной книгой по проектированию аналого-дискретных устройств, имеющая методические указания по выбору оптимальной структуры проектируемого устройства, расчету его показателей, вычислению номиналов элементов различных схем каскадов. В электронной книге содержатся справочные данные, пояснительные рисунки и графики.

- Программа Micro-Cap, позволяющая проводить рисование аналоговых схем, анализ их по постоянному и переменному току, построение переходных и проходных характеристик, спектральный анализ.

- Программа Multisim (ранее Electronics Workbench), позволяющая исследовать работу аналого-дискретных и цифровых схем с помощью виртуальных радиоизмерительных приборов и получить навыки их использования при анализе различных характеристик.

- Программа SystemView (в последней версии SystemVue), позволяющая получать динамические характеристики сложных систем, состоящих из функциональных блоков.

- Пакет программ САПР OrCad, позволяющий производить сквозное проектирование радиотехнических устройств, включающее составление схемы, моделирование ее работы, разводку печатного монтажа и выполнение всех технологических производственных операций.

СОДЕРЖАНИЕ

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	4
4. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ	4
4.1. Тематическое содержание дисциплины	4
4.2. Методические указания к изучению дисциплины	8
5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	8
6. КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА	8
7. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ	8
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ	10
8.1. Рисование схем	11
8.2. Моделирование работы радиотехнических устройств	17
8.3. Проведение инженерных расчетов	21
9. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА	24