

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
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 выполнению лабораторных работ
для студентов 3 курса дневного и заочного обучения
специальности 160905.

Москва - 2009

ББК 6Ф2
С21

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

Сафоненков Ю.П.

С21 Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радио технике: Пособие к выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2009. – 64 с.: ил. 47, лит.: 2 назв.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ЕН.В.01 «Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике» по Учебному плану для студентов 3 курса специальности 160905 всех форм обучения, утвержденному в 2007 г.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 31.03.09г. и методического совета 30.03.09 г.

Редактор Г. В. Токарева

Подписано в печать 4.05.09 г.

Печать офсетная
3,72 усл. печ. л.

Формат 60x84/16
Заказ № 768/84

3,29 уч.- изд. л.
Тираж 300 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, 2009

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие содержит сведения, необходимые для прохождения лабораторного практикума по курсу "Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике".

Каждое лабораторное занятие предусматривает домашнюю предварительную подготовку, проведение экспериментов в вычислительном зале, обработку результатов, составление отчета и сдачу зачета.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1. Подготовка к выполнению лабораторных работ

В ходе домашней подготовки надо проработать соответствующие теоретические разделы курса, изучить описание лабораторной работы, продумать методику выполнения работы, ознакомиться с управляющими командами соответствующих программ, заготовить вспомогательную литературу для выполнения задания, заготовить форму для отчета, оставив в ней место для размещения рисунков, графиков, таблиц, выводов.

2.2. Проведение экспериментов в лаборатории и обработка полученных результатов

Перед выполнением работы каждый студент представляет преподавателю все материалы, необходимые для ее проведения (расчеты, графики, схемы). Готовность к занятиям проверяется по ответам на вопросы о цели эксперимента, методиках исследований, действиях, ожидаемых зависимостях и числовых данных. Студенты, не подготовившиеся к выполнению лабораторной работы, к занятиям не допускаются.

При проведении исследований в вычислительном зале студенты обязаны строго выполнять правила техники безопасности. Не допускается во время занятий заниматься посторонними делами и разговорами.

При проведении расчетов, экспериментов, построении необходимых зависимостей, для предварительного ознакомления с принципами работы исследуемых программ рекомендуется сначала без каких-либо записей и при соблюдении всех требований, относящихся к эксперименту, произвести опыт, оценив общий принцип работы программы. Затем следует выполнить необходимые действия, занеся результаты в заготовленные файлы, и составить отчет.

Обработка полученных данных производится в вычислительном зале.

По сделанным измерениям следует дать выводы, которые не должны быть тривиальными. При отличии экспериментальных данных от теоретических необходимо сделать соответствующие разъяснения.

После окончания работы бригада предъявляет преподавателю схемы, графики, таблицы и другие результаты, полученные после проведения

испытаний. Работа считается законченной после проверки и утверждения представленных материалов преподавателем. Затем студенты должны выключить компьютеры, навести порядок в лаборатории, и сдать рабочее место дежурному лаборанту.

2.3. Составление отчета и его содержание

Отчет по лабораторной работе составляется каждым студентом в зависимости от поставленной задачи в среде редактора Word, Excel или на стандартных листах писчей бумаги. Исследуемые схемы и графики вычерчиваются с помощью соответствующих программ на листах отчета. На графиках указывают размерности откладываемых величин, расчетные или экспериментальные точки. На поле графика следует отмечать данные, которые существенны для характеристики условий измерений.

Отчет по каждой лабораторной работе в зависимости от задания должен содержать:

- расчеты в соответствии с заданием;
- принципиальную схему исследуемого устройства;
- экспериментальные данные, полученные в вычислительном зале;
- выводы.

2.4. Сдача отчета и получение зачета

Работа должна быть оформлена и защищена в течение времени, отводимого на ее выполнение. При наличии уважительных причин работа может быть защищена в начале следующего лабораторного занятия или в дополнительное время.

Зачет по лабораторной работе выставляется на основании представленных материалов и по результатам ответов каждого студента на контрольные вопросы, касающиеся основных теоретических сведений об исследуемых программах, их принципах работы, методик расчетов, особенностей экспериментов.

При наличии более одной не зачтенной работы выполнение следующей лабораторной работы не разрешается.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ЗНАКОМСТВО С ПАКЕТОМ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ MICROSOFT OFFICE

3.1. Краткие сведения по содержанию работы

Целью работы является изучение программных средств, входящих в пакет Microsoft Office и, прежде всего, программ Word, Excel и Power Point.




Исследования проводятся с использованием интерактивного учебника, введенного в компьютер на каждом рабочем месте.

3.2. Порядок выполнения работы

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 , разворачивания 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 схожие оформление и инструменты, но все же каждая из них является самостоятельным приложением.

Для изучения возможностей пакета программ Office следует запустить упомянутый выше интерактивный учебник, содержащийся в каталоге offi_doc, командой index.html и выполнить предусмотренные там упражнения из частей 1, 2 3 и 4. По окончании занятий сформированные по результатам выполнения упражнений файлы представить преподавателю.

Новый документ автоматически создается в программах Word и Excel при их запуске. Если же потребовался еще один документ или нужно создать новый документ в другом приложении Microsoft Office, щелкните на кнопке *Создать* (New Blank Document)  панели инструментов *Стандартная* (Standard).

Текст является основой большинства документов. Приложения Microsoft Office предлагают набор разнообразных инструментов ввода, редактирования и форматирования текста. Основные операции работы с текстом идентичны для всех программ комплекта Microsoft Office. Справочные материалы по приемам работы с программами содержатся в упомянутом выше учебнике и в [1] с. 7...18.

3.3. Контрольные вопросы

- 1) Дайте характеристику основных составляющих пакета Microsoft Office.
- 2) Каковы основные технические возможности программы Microsoft Word?
- 3) Каковы основные приемы работы с таблицами?
- 4) Как осуществляется выбор шрифтов в редакторе Microsoft Word?
- 5) Какие операции по форматированию шрифтов Вы знаете?
- 6) Каковы операции с абзацами в программе Microsoft Word?
- 7) Как осуществляется контекстный поиск и замена в Microsoft Word?
- 8) Как осуществляется вставка рисунков в текст?
- 9) Опишите операции по форматированию вставленных рисунков.
- 10) Каковы основные технические возможности программы Excel?
- 11) Графическое представление информации в программе Excel.
- 12) Оформление ячеек в программе Excel.
- 13) Создание презентации в программе Power Point.
- 14) Формирование слайда в программе Power Point.
- 15) Работа с текстовыми объектами в программе Power Point.
- 16) Как создать итоговый слайд в режиме сортировщика в программе Power Point?

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ЗНАКОМСТВО С ГРАФИЧЕСКИМИ РЕДАКТОРАМИ

4.1. Краткие сведения по содержанию работы

Целью работы является изучение возможностей графических редакторов, входящих в пакеты Office и Paint.

Исследования проводятся с использованием программы Word и Paint, входящей в состав Microsoft Windows.

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 (рис. 1).



Рис. 1

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. Рисунок формируется из элементов. Для того, чтобы связать элементы воедино, следует пользоваться операцией *Группировка*.

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 (рис. 2) используется для работы с точечными рисунками формата JPG, GIF или BMP.

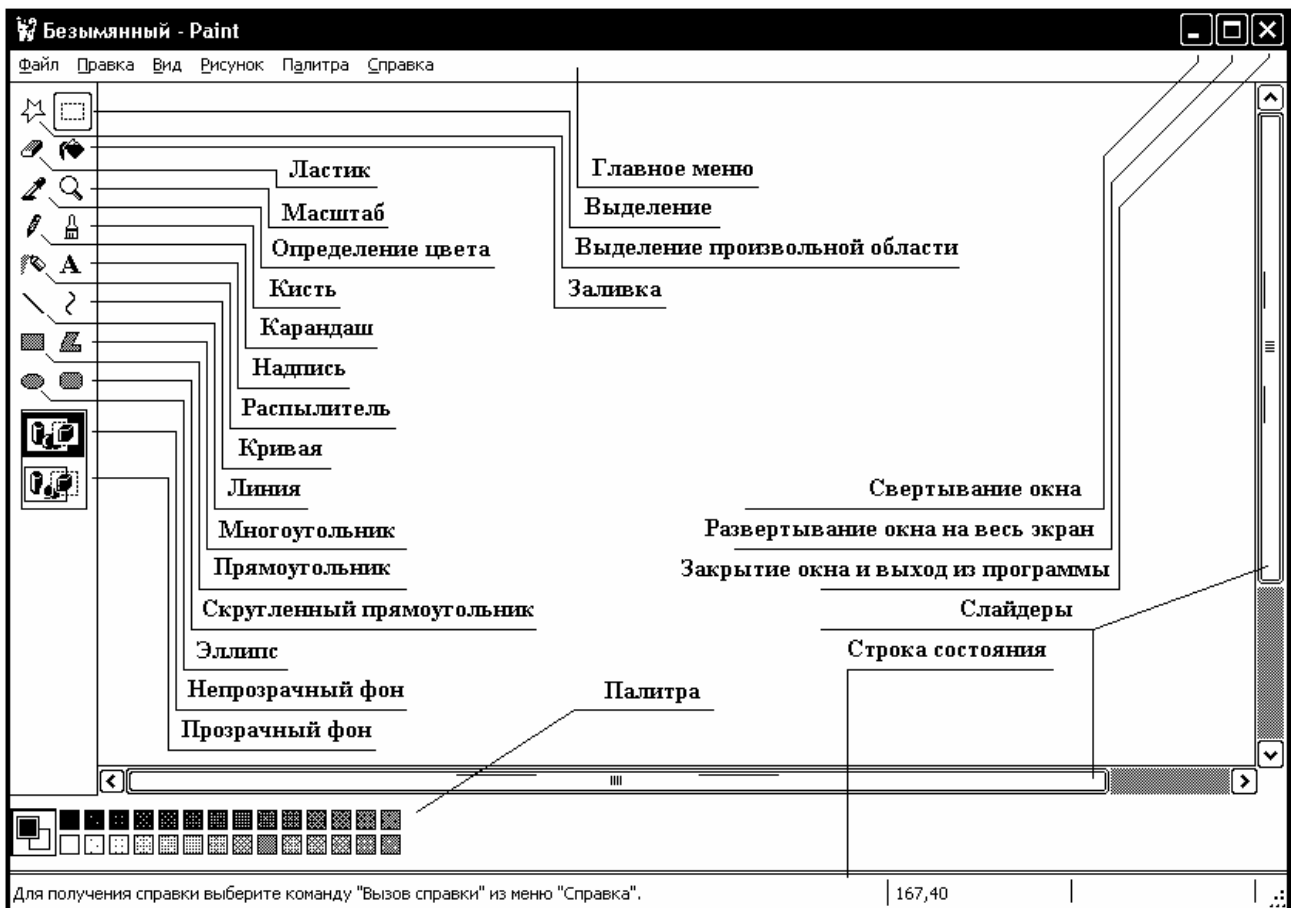


Рис. 2

Выбор вида операций осуществляется подведением курсора к нужной пиктограмме (рис. 2) 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. Удаление ошибочно введенных элементов производится с помощью инструмента *Ластик*. Размер ластика можно менять.

При необходимости вместе с элементами рисунка можно помещать надписи.

Для более детального представления рисунка можно менять масштаб изображения.

4.2. Порядок выполнения работы

На основе задания, выданного для проектирования радиопередающего устройства по курсу “Формирование и передача сигналов” и, пользуясь литературой, составить необходимые структурные и электрические схемы по заданию преподавателя.

4.3. Контрольные вопросы

- 1) Какие графические редакторы Вы знаете? Их особенности.
- 2) В чем разница между векторной и точечной (растровой) графикой?
- 3) Каковы функциональные возможности программы Paint?
- 4) Опишите вставку в текст изображений из файлов.
- 5) Как можно нарисовать окружность в программе Paint?
- 6) Опишите процесс рисования плавной кривой в программе Paint?
- 7) Как изменить формат рабочего листа в программе Paint?
- 8) Каков процесс отражения и поворота объектов в программе Paint?
- 9) Как изменить цветную палитру изображений на черно-белую? В чем проявляются особенности этого решения?
- 10) Как и зачем надо изменять непрозрачный фон изображения на прозрачный?
- 11) Как изменить масштаб рисунка?
- 12) Как осуществить вставку текста в рисунок?
- 13) Для чего в программе Paint служит строка состояния?
- 14) Как в программе Paint изменить основной цвет и цвет фона?

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ MATHCAD

5.1. Краткие сведения по содержанию работы

Инженерные расчеты выполняют в среде математических программ.

В качестве программной среды для расчетов при проектировании радиотехнических систем удобно пользоваться системой MathCad (рис. 3).

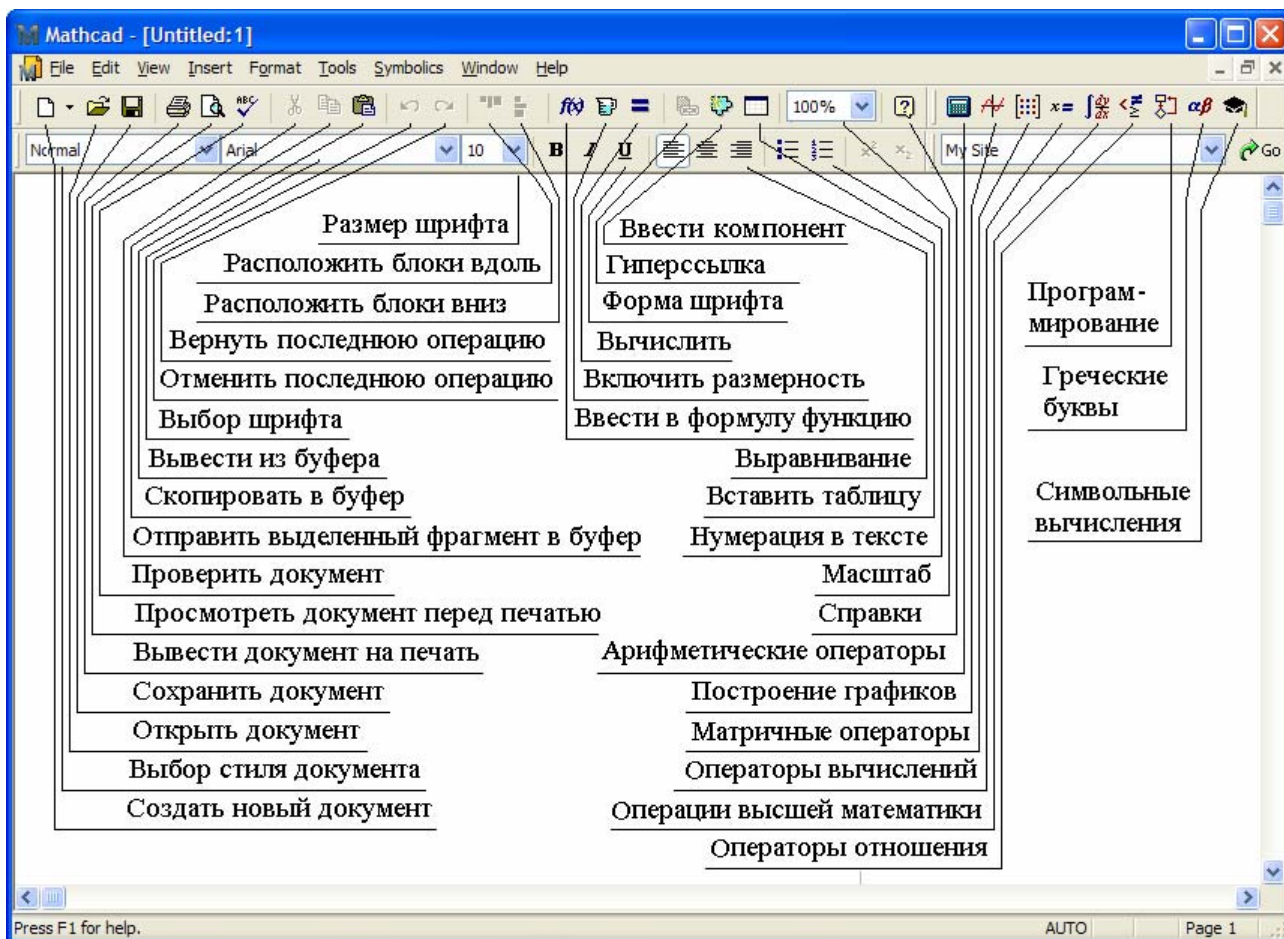


Рис. 3

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 ком-

пьютера, 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 «мышью» 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 «мышью» устанавливает визир на место, указанное острием стрелки курсора «мышью». 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 «мышью» 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:

функция (аргументы) := выражение.

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

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

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

При вводе переменных часто используются подстрочные символы. Не нужно путать переменные с подстрочными символами и индексированные переменные в виде векторов. Выражение для вектора x записывается с нижним индексом, например, следующим образом:

$$x_j := y \cdot j .$$

Для ввода нижнего индекса нажимают клавишу [[]. Например, для получения x_j нажимают $x [j$. Это задаст одно значение x_j -тое для каждого j . Следует иметь в виду, что нижние индексы могут быть только неотрицательными целыми числами.

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

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.

Ввод греческих символов осуществляют через соответствующее меню, но проще всего, через ввод ассоциированного латинского символа с последующим нажатием клавиш Ctrl+g.

Более подробно о работе с программой можно узнать, например, в [1] с. 21...43.

5.2. Порядок выполнения работы

На основе задания, выданного для проектирования радиопередающего устройства по курсу “Формирование и передача сигналов” и, пользуясь литературой, произвести предварительный расчет передатчика и расчет одного из каскадов.

Для этого создать новый документ с помощью кнопки *New* с изображением чистого листа или соответствующая команда из меню *File*. После выполнения этой команды появится окно задания стиля. Выбрать стиль *Normal* (Нормальный), указать команду *Modify* (Модифицировать) и выбрать шрифт *Times New Roman* 12 размера кириллического начертания. Последовательно закрыть открывшиеся окна.

Пользуясь методическими материалами и учебниками произвести ввод текстов и соответствующих математических формул для пояснительной записки.

При необходимости вставку материала из текстового редактора следует производить через его копирование нажатием сочетания клавиш Ctrl+C и дальнейшую вставку в MathCad через команду *Paste Special* как неформатированный текст *Unformatted Text*.

5.3. Контрольные вопросы

- 1) Дайте сравнительные характеристики широко используемых программ математических расчетов.
- 2) Каково назначение и основные особенности программы MathCad?
- 3) Каково задание функций в системе MathCad?
- 4) Опишите принцип задания переменных в программе MathCad.
- 5) Как осуществляются непосредственные вычисления в программе MathCad?
- 6) Опишите основные команды MathCad.
- 7) Как осуществляется ввод текста в системе MathCad?
- 8) Какие основные встроенные математические функции MathCad Вы знаете?
- 9) Как построить график в декартовых координатах в системе MathCad?
- 10) Как построить график в полярных координатах в системе MathCad?
- 11) Как в системе MathCad реализуются символьные вычисления?

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СРЕДЕ MATHCAD

6.1. Краткие сведения по содержанию работы

В процессе выполнения данной лабораторной работы студенты должны научиться решать типовые радиотехнические задачи.

В процессе проведения экспериментов получают отдельные точки. По ним требуется сформировать график искомой зависимости. Эта задача может быть решена с помощью линейной интерполяции или сплайн-интерполяции.

В первом случае для получения зависимости в виде прямых, соединяющих экспериментальные точки по осям x и y , пользуются функцией $Y1 = \text{interp}(x,y,X1)$, где $X1$ – новая переменная.

Во втором случае соединение точек производится отрезками параболических или кубических зависимостей. При этом сначала вычисляются коэффициенты параболической $s = \text{pspline}(x,y)$ или кубической аппроксимации $s = \text{cspline}(x,y)$. Затем определяется аппроксимирующая функция $Y1 = \text{interp}(s,x,y,X1)$.

При нахождении корней нелинейного уравнения вычисляется разность между двумя функциями $f(x)$ и $\varphi(x)$. При разности, равной нулю, фиксируется значение корня $X1 = \text{root}(f(x) - \varphi(x),x)$. При этом если корней несколько, важно установить начальное значение переменной вблизи ожидаемого корня.

О работе с программой MathCad можно узнать, например, в [1] с. 21...43.

6.2. Порядок выполнения работы

6.2.1. При расчете параметрического усилителя радиочастоты возникает задача ввода в ПЭВМ значения вспомогательного коэффициента q , зависящего от нормированного напряжения $U_{\text{норм}} = U_0 / \varphi_k$ ([2] с. 251). При этом значения q заданы точками $q = 0, 0.2, 0.3, 0.47, 0.63, 0.76, 0.89, 1.02$. Соответствующие этим значениям величины $U_{\text{норм}} = 0, 0.5, 1, 3, 7, 12, 20, 40$. С помощью сплайн-аппроксимации построить график изменения $q = f(U_{\text{норм}})$ и путем решения нелинейного уравнения найти значение q , соответствующее $U_{\text{норм}} = 2.273$.

6.2.2. Коэффициенты Берга задают относительную амплитуду постоянной составляющей и гармоник импульса, получаемого отсечкой синусоиды с углом отсечки θ (в радианах). При этом значения коэффициентов Берга вычисляют по формулам:

$$\alpha_0(\theta) = [\sin(\theta) - \theta \cdot \cos(\theta)] / [\pi \cdot (1 - \cos(\theta))];$$

$$\alpha_1(\theta) = [\theta - \sin(\theta) \cdot \cos(\theta)] / [\pi \cdot (1 - \cos(\theta))];$$

$$\alpha_n(\theta) = 2 \cdot [\sin(n \cdot \theta) \cdot \cos(\theta) - n \cdot \cos(n \cdot \theta) \cdot \sin(\theta)] / [\pi \cdot n \cdot (n^2 - 1) \cdot (1 - \cos(\theta))];$$

Построить зависимости первых четырех коэффициентов Берга от угла отсечки (в градусах) и найти координаты их максимальных значений.

6.2.3. Сформировать и сложить N четных гармонических составляющих $n = 1 \dots N$ сигнала $y = \sin(2 \cdot \pi \cdot f) / n$ для $N = 5, 20, 100$.

6.2.4. Для функции $F(x) = 2 + 0.05 \cdot x + \exp(-|x| / 10) - 2 \cdot \exp(x^2 \cdot e^{-|x|})$ найти корни при $F(x) = 0$.

6.2.5. Пусть по результатам расчета параметров транзистора получилось значение коэффициента устойчивого усиления $K_y = 10.404, 10.689, 10.963, 16.605, 34.32$ на частотах $f_{\text{макс}}, f_{\text{ср}}, f_{\text{мин}}, f_{\text{пр1}}, f_{\text{пр2}}$. Вывести эти значения в виде таблицы, пользуясь операторами сложения столбцов $\text{augment}(a,b)$ и строк $\text{stack}(c,d)$.

	0	1
0	"Частота"	"Кэфф. уст. ус."
1	"fмакс"	10.404
2	"fср"	10.689
3	"fмин"	10.963
4	"fпр1"	16.605
5	"fпр2"	34.32

6.3. Контрольные вопросы

- 1) Как осуществляется спектральный анализ в системе MathCad?
- 2) Как осуществляется спектральный синтез в системе MathCad?
- 3) Как осуществить цифровую фильтрацию сигнала с помощью БПФ?
- 4) Для чего в программе MathCad предусмотрены операции программирования?
- 5) Как в программе MathCad осуществляется ввод греческих символов?
- 6) Для чего в программе MathCad предусмотрены символьные вычисления?
- 7) Опишите функцию линейной интерполяции в MathCad.
- 8) Опишите функции сплайн-интерполяции в MathCad.
- 9) Как производится решение нелинейного уравнения?
- 10) Как осуществляется решение системы нелинейных уравнений?
- 11) Опишите работу со строковыми функциями.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP

6.1. Краткие сведения по содержанию работы

Моделирование процессов в схемах производится с использованием соответствующих программ. Одной из таких программ является Micro-Cap (рис. 4).

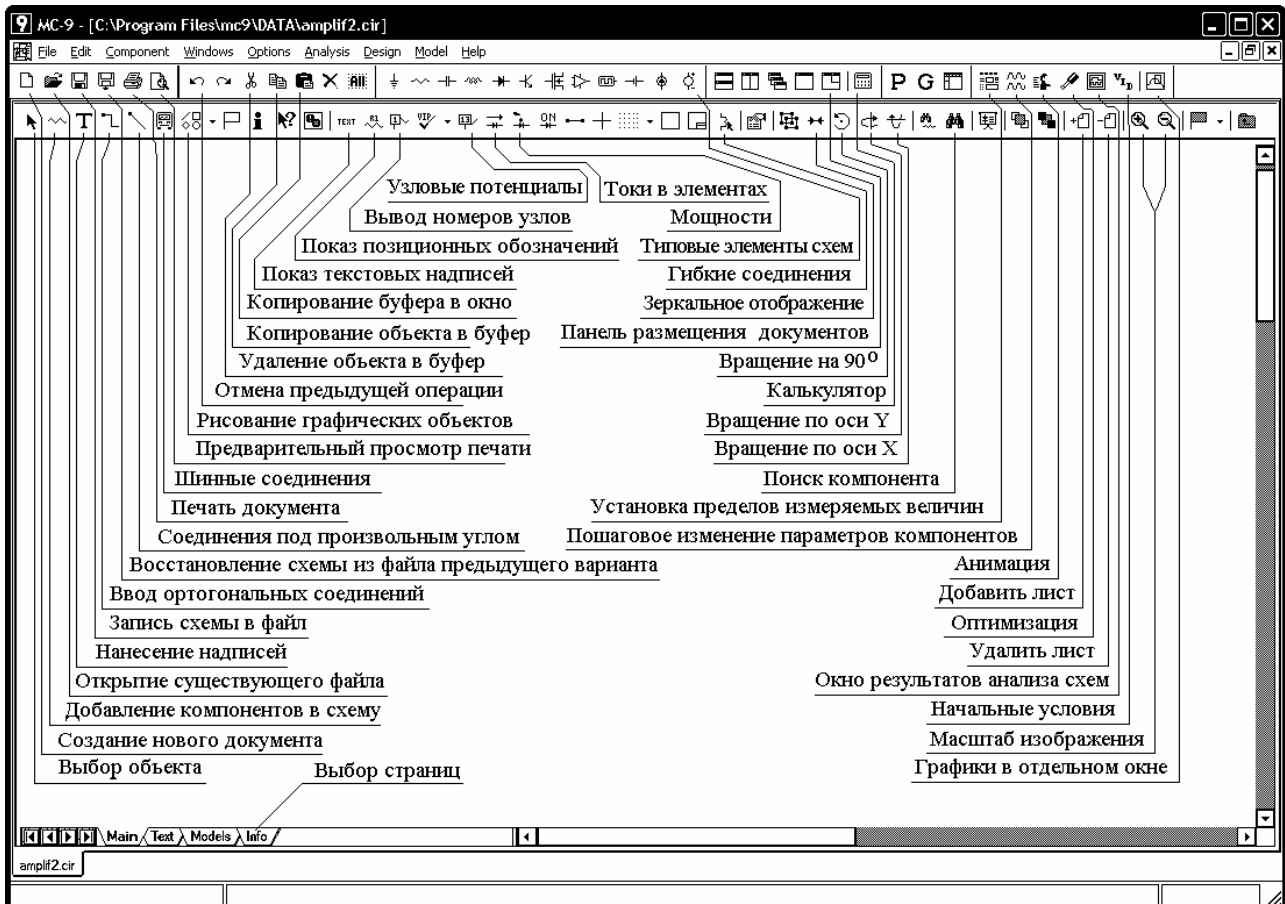


Рис. 4

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 отпущения левой кнопки «мыши».

6.2. Ввод элементов

Применяемые в принципиальной схеме, наиболее часто встречающиеся компоненты (конденсаторы, резисторы, индуктивности) выбираются курсором (рис. 4) в строке основных компонентов (типовых элементов схем). Они активируются левой кнопкой мыши (например, резистор). На курсоре появится значок в виде условного графического элемента. Он затем помещается в выбранном месте главного окна при повторном нажатии на левую кнопку. Удерживая нажатой левую кнопку можно вращать компонент, щелкая правой. При отпуске левой кнопки местоположение компонента фиксируется и на выпадающем меню *Resistor* предлагается присвоить ему позиционное обозначение (PART) (например, R1, R2), указать его величину (VALUE) (например, 2.2k, 100, 1Meg), имя модели для активного элемента MODEL, а также другие, не используемые при выполнении лабораторной работы, параметры. Присвоенные значения могут изображаться вместе с компонентом в главном окне, если подсвеченный параметр помечен галочкой *Show* (рис. 5).

Аналогично вводятся конденсаторы. На панели инструментов главного окна активизируется пиктограмма конденсатора и на выпадающем меню *Capacitor* задаются параметры конденсатора.

Катушки индуктивности вводятся нажатием на левую кнопку мыши при помещении курсора на пиктограмму индуктивности панели инструментов меню главного окна (рис. 4). На выпадающем подменю *Inductor* (рис. 6) указываются параметры катушек индуктивности.

Перечень параметров индуктивности и их описание аналогичны использованным ранее в подменю *Resistor* при вводе резисторов. По окончании ввода параметров (нажатие на кнопку ОК) в главном окне схем появляется графический символ катушки индуктивности с указанием начала (+) и конца (–) намотки. Вращением с помощью правой кнопки мыши устанавливают катушку индуктивности в нужном положении.

Существование магнитной связи между катушками отображается применением модели трансформатора. Исследование свойств высокочастотных схем обычно проводится с использованием модели трансформатора без сердечника.

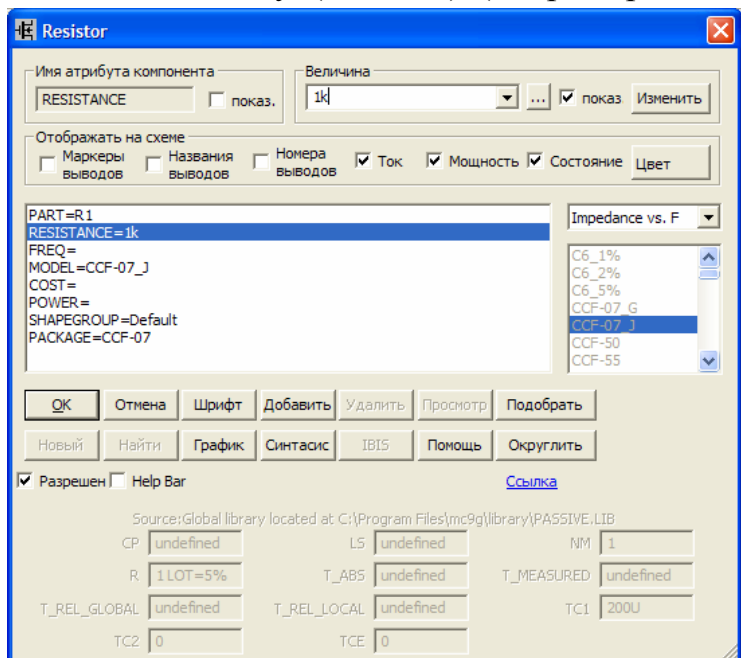


Рис. 5

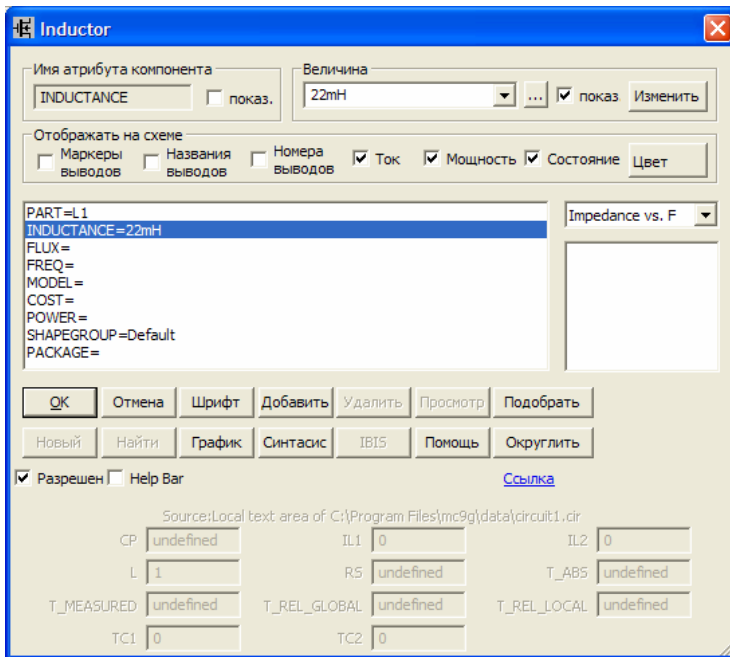


Рис. 6

трансформатора, выполняющее роль курсора, может быть установлено в любом месте окна схем повторным нажатием левой кнопки мыши с сохранением функций трансформатора (целесообразно размещать символ магнитной связи трансформатора вблизи реально организованной связи). На выпадающем меню (рис. 7) в левой колонке содержатся: перечень индуктивностей, например, L1,L3, обладающих индуктивной связью (INDUCTORS) и величина связи (COUPLING). Значение коэффициента связи (COUPLING) для катушек L1 и L3 задается равной от 0 до 1. Строка MODEL, в которой выбирается модель сердечника, не заполняется, если модель предполагает использование воздушного трансформатора. Применение сердечника требует ввода его параметров (геометрических размеров, материала и др.) или выбора из предлагаемого в правой колонке, списка типовых конструкций трансформаторов.

При вводе элемента, которого нет в списке основных компонентов окна схем, например, транзисторов типа PNP, необходимо сначала выполнить команду *Components* в меню главного окна и на дополнительном меню, разворачивающемся вправо, выбрать *Analog Library* для зарубежных

Для задания магнитной связи трансформатора в принципиальную схему используют команду *Component* главного меню программы с последующим выбором на выдвигающихся вправо подменю последовательно: *Analog Primitives* → *Passive Components* → К (рис. 6).

Нажатием на левую кнопку мыши подтверждается выбор трансформатора К: *Mutual inductance/Nonlinear magnetic core model* (взаимоиндукция/модель нелинейного магнитного сердечника). Появляющееся обозначение магнитной связи

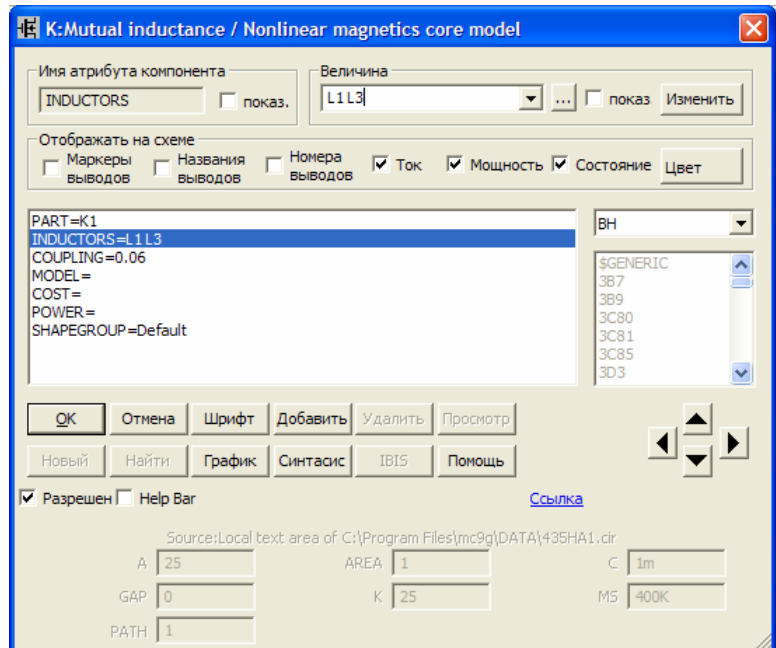


Рис. 7

транзисторов или *Russian Analog* для отечественных. Из предлагаемого перечня устройств выбрать BJT, а затем на закладке активных компонентов, PNP и конкретный тип транзистора.

В дальнейшем, при повторном вводе транзистора такого типа, выполняемая команда Components уже содержит данный тип транзистора на выпадающем меню и достаточно лишь активизировать в нем соответствующую строку.

Аналогично выбираются полевые транзисторы и другие элементы.

Включение диода в принципиальную схему начинается с выбора на строке основных компонентов окна схем условного обозначения диода и нажатием на левую кнопку мыши. Появившийся символ диода устанавливаем в нужном месте принципиальной схемы и, нажав на левую кнопку мыши, на выпадающем меню Diode выбираем нужный диод.

Описание транзистора или диода совокупностью параметров позволяет, нажав кнопку *Plot*, получить (рис. 8) выходную вольтамперную характеристику

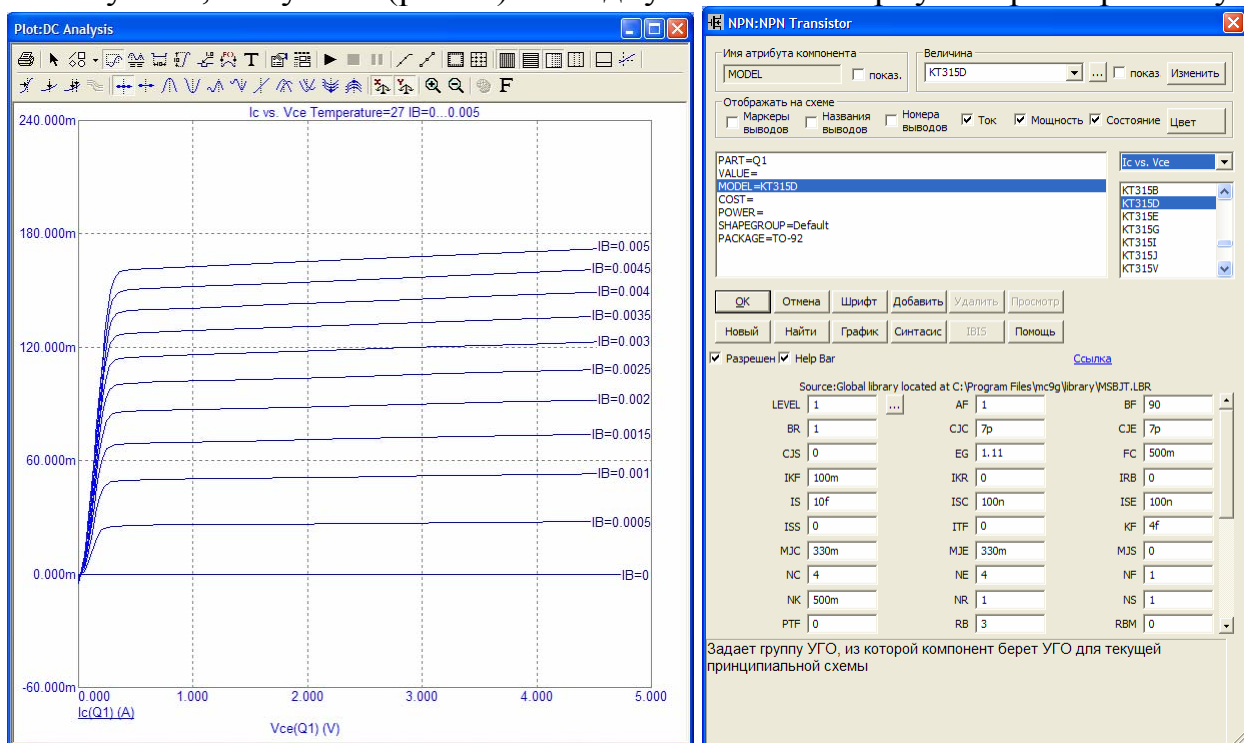


Рис. 8

(ВАХ) транзистора (I_c vs. V_{ce}), зависимость коэффициента усиления по току от коллекторного тока транзистора (DC Current Gain), зависимость напряжения насыщения от тока коллектора (V_{ce} Saturation Voltage), частотную зависимость коэффициента усиления по току (β vs. Frequency).

У диода аналогично можно получить прямую и обратную ветвь ВАХ. Для получения, например, прямой ветви необходимо нажать кнопку расширения окна на строке над библиотекой диодов и выбрать I_f vs. V_f (ток прямой ветви в зависимости от прямого напряжения). Аналогично можно получить обратную ветвь диода, выбрав I_r vs. V_r , и затем, нажав кнопку *Plot* под левым окном подменю *Diode*.

Для получения временных или частотных характеристик испытываемых схем необходимо включить на вход генератор с той или иной формой колебаний.

Тип генератора можно выбрать, используя строку основных компонентов в главном окне, и затем выбрать из большого числа моделей генераторов с различной формой сигнала, с модуляцией или без модуляции и т. д.

Если можно ограничиться моделью генератора гармонических колебаний без какой-либо модуляции то, выбрав команду *Component* меню главного окна последовательно выбрать на выдвигающихся вправо подменю: *Analog Primitives* → *Waveform Sources* → *Voltage Source* (рис. 4). Появляющееся изображение модели генератора и подменю параметров различных источников сигналов позволяет задать его параметры (рис. 9). Выбираем Sine Source.

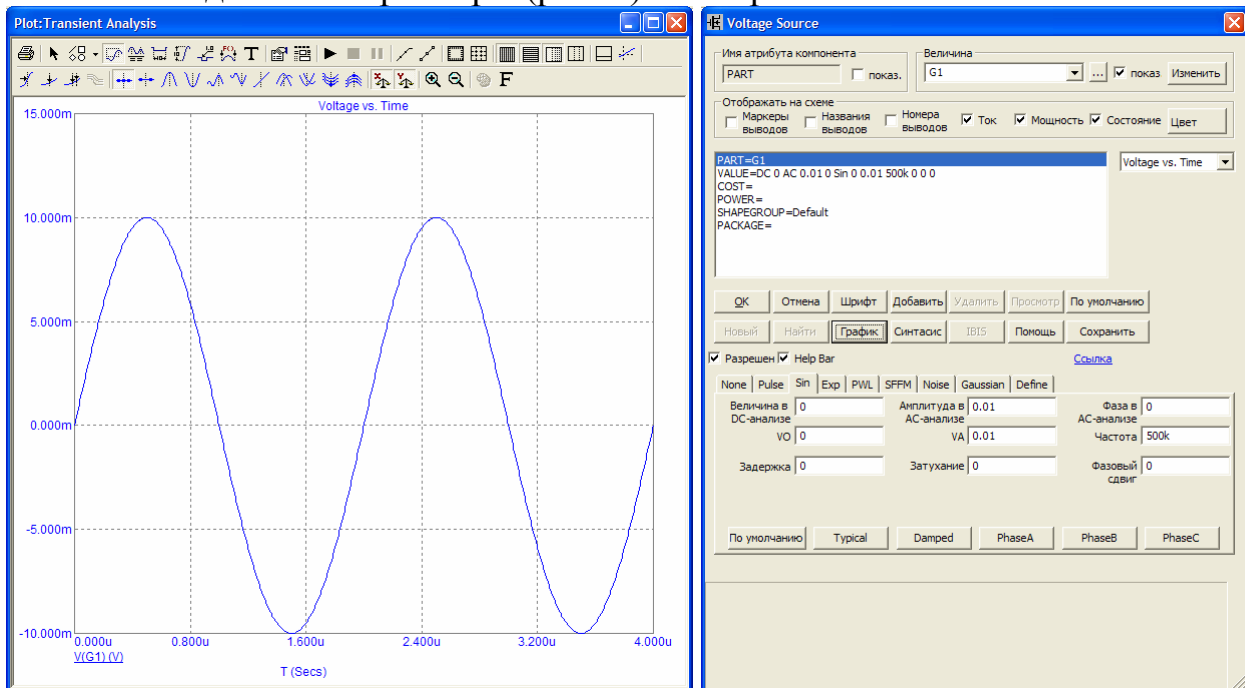


Рис. 9

Подменю *Voltage Source* построено по традиционной форме, использовавшейся ранее при вводе резисторов, конденсаторов и др., поэтому назначение кнопок, пиктограмм и вводимых параметров известно.

Если параметры генератора (частота, амплитуда и др.) отличны от предлагаемых в библиотеке MC9, то ввод начинают с выбора названия компонента (PART предлагается G1).

В качестве параметров, например, генератора гармонических колебаний, задаются (рис. 9):

F – частота несущего колебания – 500 кГц;

A – амплитуда несущего колебания – 10 мВ;

VA – амплитуда напряжения синусоидального источника – 10 мВ;

DC – амплитуда сигнала, используемого в анализе по постоянному току – 0 В;

VO – значение постоянной составляющей сигнала – 0 В;

PH – начальная фаза несущего колебания – 0 рад;

RP – период повторения (для сигнала, имеющего форму отрезка синусоиды) – 0 с;

DELAY – задержка перед запуском синусоидального источника – 0 с.

TAU – постоянная времени затухания огибающей сигнала (при экспоненциальной форме затухания амплитуды сигнала) – 0 с.

После ввода параметров генератора можно наблюдать на экране монитора форму сигнала, действующего на входе устройства (рис. 9), нажав на кнопку расширения окна над библиотекой моделей генераторов, и выбрав Voltage vs. Time и кнопку *Plot*.

Ряд других закладок, расположенных под функциональными кнопками, позволяет выбирать модели источников различных типов сигналов:

- None – источник постоянного напряжения, заданной величины,
- Pulse – источник сигнала по форме близкой к прямоугольной с конечным временем нарастания и спада,
- Sin – источник гармонического сигнала,
- Exp – источник импульсного сигнала, процесс установления и спада которого, описывается экспонентой,
- PWL – Piece Wise Linear type – источник, форма сигнала которого описывается отрезками прямых,
- Noise – источник шумоподобного сигнала,
- Gaussian – источник импульсного сигнала, форма которого определяется законом Гаусса,
- Define – источник сигнала, закон изменения которого определяется пользователем).

Закладка SFFM – Single Frequency FM type (источник ЧМ сигнала при модуляции несущей гармоническим сигналом) – открывает описание параметров источника, где:

- DC – амплитуда напряжения, используемая при анализе схемы на постоянном токе;
- AC magnitude – амплитуда несущего колебания, используемая при моделировании процессов в частотной области;
- AC phase – начальная фаза несущего колебания при моделировании процессов в частотной области;
- V0 – напряжение смещения;
- VA – амплитуда несущего колебания, используемая при анализе во временной области;
- F0 – частота несущего колебания;
- MI – индекс модуляции;
- FM – частота модуляции.

Подключение батареи источника питания завершает ввод испытываемой схемы.

Выбрав нажатием на левую кнопку мыши пиктограмму батареи панели инструментов (рис. 4) переходят на выпадающем меню в режим задания параметров батареи (рис. 10).

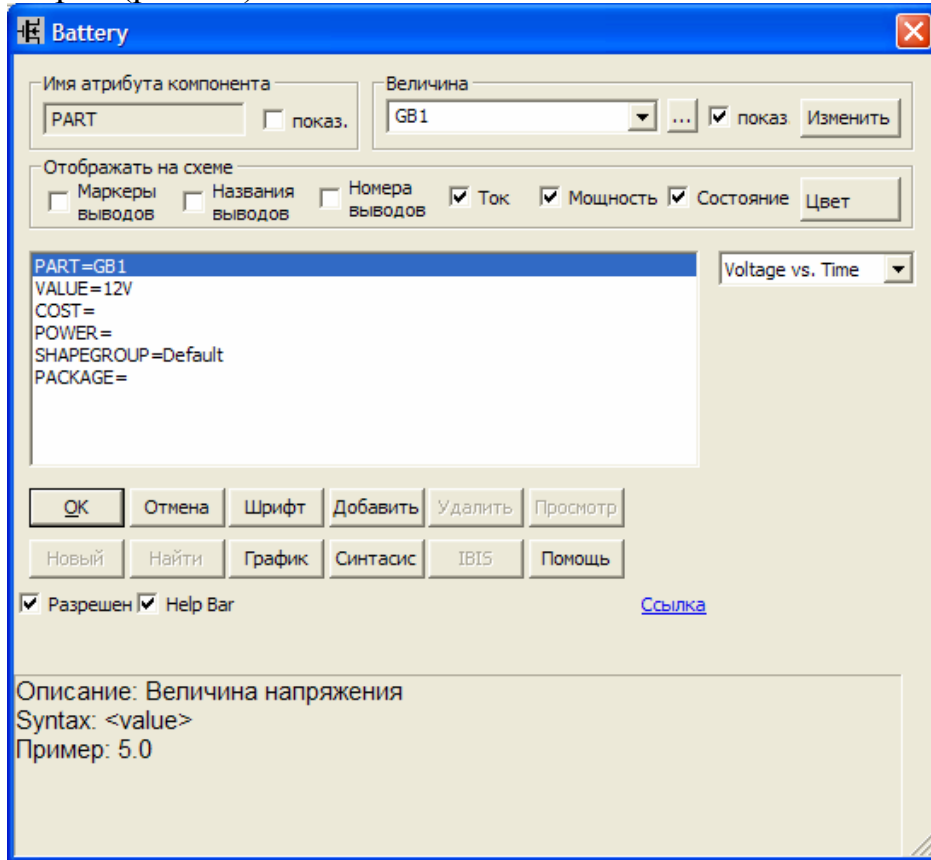


Рис. 10


Выбрав позиционное обозначение батареи на принципиальной схеме GB1 (PART) и величину создаваемого напряжения, например, 12 В (VALUE 12V), нажатием на кнопку ОК подтверждают правильность ввода параметров (PACKAGE, COST, POWER не вводятся). Появившееся изображение батареи устанавливаются в принципиальную схему с учетом типа проводимости транзистора.

Общая электрическая шина («земля») обеспечивает протекание токов в цепях с разным количеством выводов (двухполюсники, трехполюсники, четырехполюсники) и различным функциональным назначением. «Земля» вводится установкой курсора на ее условное обозначение на панели инструментов главного окна и нажатием на левую кнопку мыши. Устанавливая курсор в виде символа «земля» в нужном месте схемы, повторным нажатием на левую кнопку мыши фиксируют его положение.

Завершив ввод активных и пассивных компонентов принципиальной схемы, проверяют их на соответствие с испытуемой схемой. При необходимости проводят коррекцию элементов схемы.

При необходимости коррекции некоторых элементов принципиальной схемы нужно вначале удалить соответствующий элемент (компонент), нажав левой кнопкой мыши стрелку в третьей строчке окна главного меню, активизировать режим *Select Mode* редактирования элементов или компонентов схемы.

Затем, подведя курсор к компоненту, щелкнуть левой кнопкой мыши. При этом подсвечивается, обычно зеленым цветом, компонент или соответствующий текст на принципиальной схеме и затем, войдя в режим *Edit*, выбирают *Cut* и удаляют необходимые атрибуты. Трудности при удалении элементов или вводе новых, а также другие вопросы, возникающие в процессе моделирования, устраняются при обращении к программе *Help* главного меню.

После расстановки 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.

При вводе значения параметров допускается использование масштабных коэффициентов (табл. 1):

Таблица 1

Значение	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Префикс	Meg	k	m	u	n	p	f
Степнная форма	10E+6	10E+3	10E-3	10E-6	10E-9	10E-12	10E-15

Масштабный коэффициент может содержать и другие дополнительные символы, которые программа игнорирует. То есть величина емкости, например, 5 пФ может быть введена: 5 pF или 5 P, или 5E-12.

Элементы, не отраженные в палитрах типовых элементов схем, отыскиваются в системном меню *Компоненты (Component)*. Для этого следует войти в меню *Component* и выбрать курсором нужный элемент.

После нанесения схемы надо нажать кнопку вывода номеров узлов (рис. 4) 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,

Dynamic DC – динамический анализ по постоянному току,

Dynamic AC – динамический частотный анализ,

Sensitivity – анализ чувствительности,
Transfer Function – анализ передаточных характеристик,
Distortion – анализ искажений.

6.3. Виды анализа схем

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся виды оценки параметров схем.

6.3.1. Анализ переходных процессов

Выбрав команду *Transient Analysis*, переходим в меню задания параметров моделирования (рис. 11).

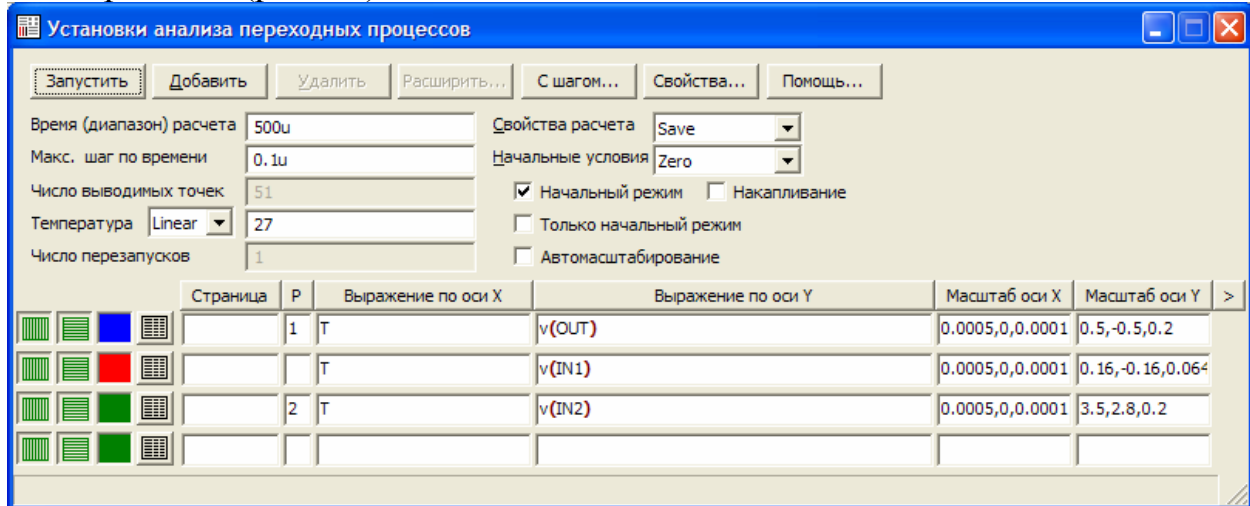


Рис. 11

Выбрав курсором строку *Transient* и, нажав левую кнопку мыши, переходим в подменю *Transient Analysis Limits* (рис. 11) к заданию параметров моделирования.


Кнопки сверху подменю *Transient Analysis Limits* обозначают:

- *Run* – вход в режим анализа (запуск процесса моделирования);
- *Add* – добавление строки в перечень результатов, выводимых на экран монитора, или в виде распечатки в форме таблицы;
- *Delete* – удаление строки, помеченной курсором, из числа выводимых на экран, или в виде распечатки;
- *Expand* – увеличивать объем текстовой информации в месте нахождения курсора;
- *Stepping* – переход в режим варьирования параметра (компонента, модели);
- *Properties* – позволяет изменять параметры выводимой на монитор информации, принятые по умолчанию;
- *Help* – обращение к описанию системы схемотехнического проектирования МС9.

Слева под строкой панелей вводятся числовые параметры:

Time Range – указывается конечное и начальное время расчета переходных характеристик (начальное время расчета по умолчанию принимается равным нулю);

Maximum Time Step – величина максимального шага интегрирования. Текущее значение переменного шага интегрирования определяется величиной допустимой относительной ошибки;

Number of Points – количество точек, выводимых в виде таблицы (по умолчанию принимается равными 51). Изменение количества выводимых точек достигается нажатием на пиктограмму вывода числовых результатов .

Нажатием на эту кнопку в текстовый выходной файл заносится таблица отсчетов функции, заданной в графе Y Expression.

В столбце справа под строкой панелей располагаются опции управления результатами расчетов.

Run Options – определяют режимы:

Normal – результаты расчета не сохраняются;

Save – результаты сохраняются в бинарном файле формата: <имя файла>.tsa;

Retrieve – используются результаты, сохраненные ранее в бинарном файле, для построения графиков и вывода в форме таблиц (без нового расчета).

State Variables – установка начальных значений позволяет:

Zero – выбирать в качестве начальных значений нулевые потенциалы в узлах и токи через индуктивности;

Read – использовать в качестве начальных значения, взятые из бинарного файла формата <имя схемы>.top, создаваемого перед каждым вариантом расчета;

Leave – задание в качестве начальных условий результатов предыдущего расчета.

Нажатие на кнопку *Operation Point* обеспечивает выполнение расчета по постоянному току перед каждым расчетом переходных процессов.

В режиме *Operating Point Only* производится расчет только по постоянному току.

Щелчок по кнопке *Auto Scale Ranges* обеспечивает автоматический выбор масштабирования по осям.

Условия, определяющие представление результатов моделирования в частотной области, задаются в нижней части диалогового окна *Transient Analysis Limits*.

Левее таблиц, определяющих выражения и пределы представляемых кривых на экране монитора, расположены кнопки, задающие изменение переменной по осям X и Y по линейному или логарифмическому закону. Выбор происходит при нажатии на соответствующую кнопку (крайнюю левую или вторую). Нажатием на следующую кнопку (*Color*) на выпадающем меню выбираем цвет выводимой на экран кривой (название кнопки высвечивается при подведении курсора к кнопке).

В колонке *P (Plot Group)* указывается номер графического окна, в котором будет построена кривая. При одновременном представлении нескольких кривых в одной системе координат, масштаб выбирается автоматически по наибольшему значению из выводимых переменных.

В колонке *X Expression* указывается имя переменной, откладываемой по оси X.

При изучении переходных характеристик это время (T), при расчете спектра сигнала с помощью преобразования Фурье или при построении амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) – это частота (F).

В колонке *X Range* указываются максимальное и минимальное значения переменной X на графике, а также при необходимости шаг масштабной сетки.

В колонке *Y Expression* приводится величина, откладываемая по оси Y. Это может быть просто напряжение в каком-либо узле, ток через какой-либо элемент или между какими-то узлами, а так же целое выражение. Щелчком правой кнопки мыши на всплывающем меню можно выбрать тип переменной и форму его представления. 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,

V(VD1) – падение напряжения на приборе VD1

I(V1) – ток через источник сигнала V1,


I(V1)*V(V1) – мгновенная мощность источника сигнала V1,

CBC(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.

В колонке *Y Range* задается максимальное и минимальное значения переменной Y на графике, шаг масштабной сетки. Если минимальное значение равно нулю, то его можно не указывать.

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.

6.3.2. Пошаговый режим

При необходимости можно варьировать до двадцати параметров элементов. Для этого нажимают кнопку *Stepping*. Появляется окно задания параметров (рис. 12).

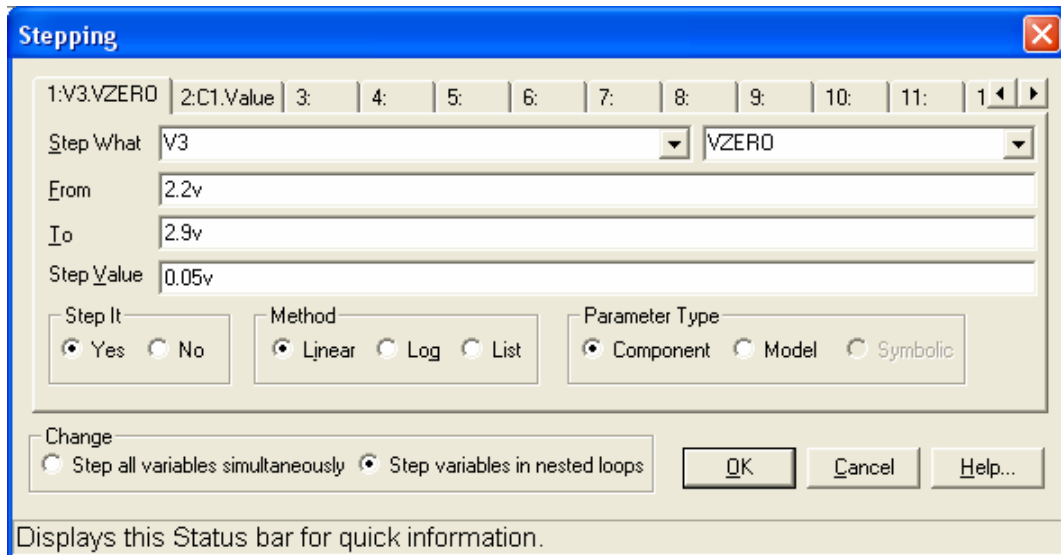


Рис. 12

Здесь для каждого элемента (*Step What*) и параметра (например, *Value*) указывают пределы его изменения от какого (*From*) значения и до какого (*To*) задается это изменение и с каким шагом (*Step Value*). Метод изменения каждого параметра может быть линейным (*Linear*), логарифмическим (*Log*) или табличным (*List*). Тип изменяемого параметра: номинал компонента (*Component*), модель (*Model*) или символ (*Symbolic*). Подтверждение режима Stepping происходит при нажатии кнопки *Yes* в рамке *Step It*. Отключение этой возможности производится кнопкой *No*. Одновременно в соседней рамке *Method* указывается закон изменения выбранного параметра (линейный – при нажатии кнопки *Linear*, логарифмический – *Log*, в соответствии с некоторым списком значений изменяемого параметра – *List*). В рамке *Parameter Type* – тип изменяемого параметра, нажатием кнопки *Component* подтверждается, что изменяются параметры компонента, а не параметры модели какого-либо компонента или его обозначения. В нижней рамке *Change* указывается порядок изменения варьируемых величин: одновременное изменение шага для всех перечисленных выше компонент – нажимается кнопка *Step all variables simultaneously* или в соответствии с указаниями, данными для каждого компонента – *Step variables in nested loops*. Нажатие на панель *All On* дает возможность включения процедуры варьирования параметров компонентов, перечисленных на всех закладках выпадающего меню *Stepping*. Нажатием на кнопку *All Off* выводятся из режима варьирования все заданные параметры. Активизация кнопки *Default* отменяет указанные ранее для каждого компонента пределы изменения и величину шага и обеспечивает варьирование параметра от половины его номинального значения до двукратного. Панель *Cancel* позволяет отменить введенные ранее указания, а панель *Help* обеспечивает доступ к файлу помощи при возникновении затруднений во время работы в подрежиме *Stepping*.

Выбор того или иного параметра (до двадцати) осуществляется кнопками ► или ◀.

6.3.3. Расчет частотных и фазовых характеристик

Расчет частотных характеристик производится после выбора в меню *Analysis* режима *AC Analysis*. Условия расчета указываются в окне, показанном на рис. 13.

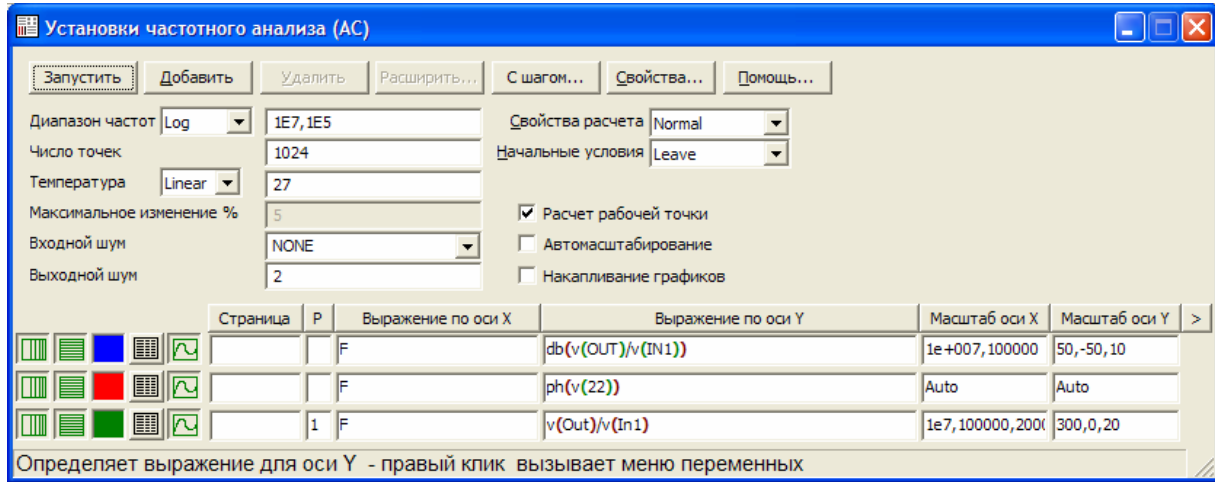


Рис. 13

В окне *AC Analysis Limits* (рис. 13) задается следующая информация:

Frequency range – значения верхнего и нижнего пределов частот анализа;

Number of Points – количество точек в заданном частотном интервале, в котором производится расчет частотных характеристик и полученные значения выводятся в форме таблицы (если это указывается);

Temperature – диапазон изменения температур (может задаваться одно значение, при которой проводится анализ);

Maximum Change – максимально допустимое приращение функции на интервале шага по частоте (учитывается только при автоматическом выборе шага – активизация процедуры *Auto Scale Ranges*);

Noise Input – имя источника шума, подключенного ко входу усилителя;

Noise Output – номер(а) выходных зажимов, где вычисляется спектральная плотность напряжения шума;

Run Options – определяет способ хранения полученных результатов:

Normal – результаты расчетов не сохраняются;

Save – результаты сохраняются на жестком диске;

Retrieve – использование результатов расчета, хранящегося на жестком диске для вывода на экран монитора;

State Variables – задание начальных условий интегрирования.

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),

INOISE - корень квадратный из спектральной плотности напряжения шума, приведенного ко входу,

ONoise - корень квадратный из спектральной плотности выходного напряжения шума (графики INoise и ONoise нельзя строить одновременно с графиками других переменных).

6.3.4. Анализ по постоянному току

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

При переходе в режим *DC* программа проверяет правильность схемы, составляет ее топологическое описание, открывает окно задания параметров моделирования *DC Analysis Limits* (рис. 14) и после ввода пределов анализа и указания типа варьируемых переменных, входит в режим анализа.

В окне задания параметров (рис. 14) расчета передаточных функций по постоянному току имеется ряд разделов.

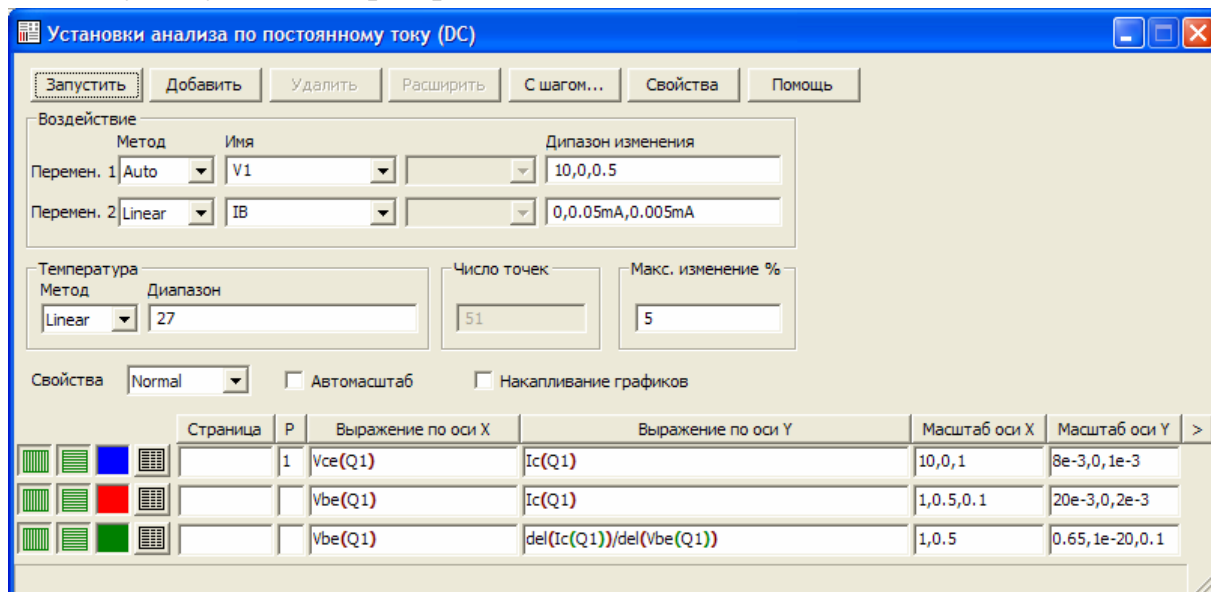


Рис. 14

Команды:

Run – начало моделирования;

Add – добавление еще одной строки спецификации вывода результатов после строки, отмеченной курсором;

Delete – удаление строки спецификации вывода результатов, отмеченной курсором;

Expand – открытие дополнительного окна для ввода текста в окне, помеченном курсором в одном из столбцов содержащих выражения (*Expression*),

Stepping – открытие диалогового окна вариации параметров;

Properties – открытие диалогового окна задания параметров;

Help – вызов системы помощи раздела *DC Analysis*.

Числовые параметры, например, при анализе вольтамперных характеристик биполярного транзистора:

Variable 1 – задание первой варьируемой переменной. В столбце *Method* выбирается метод варьирования переменной – *Auto*, с шагом, определяемым ЭВМ. Имя варьируемой переменной, например, G1 – напряжение источника питания в коллекторной цепи. В столбце *Range* указываются пределы (верхний и нижний) изменения G1. Шаг варьирования при этом автоматически выбирается равным (10,0,0.5).

Вторая варьируемая переменная *Variable 2* (например, Ib-ток базы) выбирается с линейным законом изменения с пределами изменения столбец *Range*: верхнее значение – 0 мА, наименьшее – 0.05 мА, шаг – 0.005 мА.

Температура (*Temperature*) как правило, не изменяется, выбирается равной 20 °С. Анализ передаточных функций для ряда температур проводится при указании границ (*Range*) изменения температуры и шага, при выбранной закономерности (*Method*) изменения температуры. При изменении температуры меняются параметры компонентов, имеющие ненулевые температурные коэффициенты (ТС), а так же ряд параметров полупроводниковых приборов.

Number of Points – количество точек, выводимых в виде таблиц (количество строк в таблице вывода результатов, при выборе такого режима).

Maximum change – максимально допустимое приращение значения первой функции на одном шаге (в процентах от полной шкалы).

Run Options – выбор опции определяет способ обработки или хранения результатов расчета. При выборе процедуры *Normal* результаты текущих расчетов не сохраняются.

Присвоение признака выбора автоматического масштабирования (метка в *Auto Scale Ranges*) передает ЭВМ право выбора масштаба по осям X и Y для всех выводимых графиков. Выключенная опция определяет масштаб по осям, указанный в столбцах *X Range* и *Y Range*.

5.3.5. Динамический анализ по постоянному току

Данный режим используется для определения режима по постоянному току без учета действия сигнала во всех точках схемы. На выпадающем подменю *Dynamic DC Limits* (рис. 15) подсвеченные пиктограммы позволяют:

- отображать на экране монитора сведения (вид анализа, значение температуры, при которой проводится анализ);
- указывать обозначения компонентов;
- указывать номера узлов;
- указывать значения постоянных напряжений в узлах.

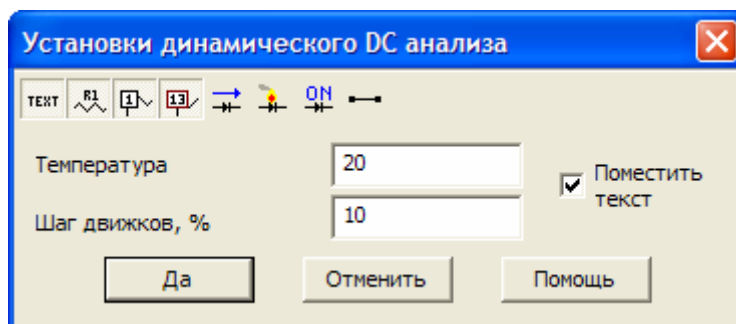




Рис. 15

Активизацией пиктограммы «токи в ветвях» , можно получить значения постоянных токов экране монитора вместо выведенных на экран значений напряжений (устраняются повторным нажатием на пиктограмму «напряжения в узлах» ).

Анализ может быть проведен для некоторого списка значений температур (*Temperature List*), если он указывается в строке многовариантного анализа, и шага изменения величины элемента в процентах (*Slider Percentage Step Size*) при каждом нажатии на кнопку *Next* (следующее значение).

6.3.6. Динамический частотный анализ

Для построения частотных и фазовых характеристик по точкам удобно пользоваться режимом *Dynamic AC*. При выборе этого режима появляется меню (рис. 16).

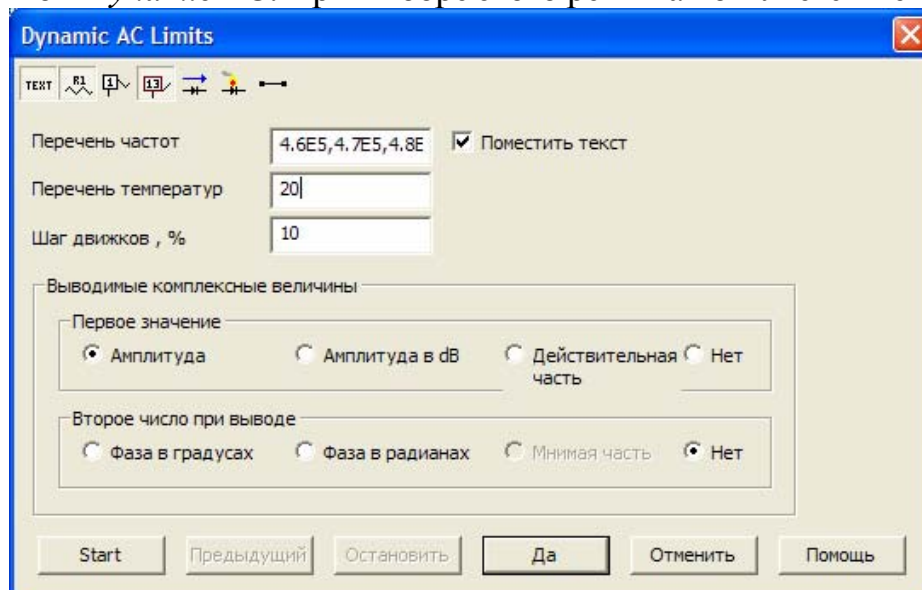


Рис. 16

Здесь в виде списка помещают перечень частот, на которых производится анализ схемы и после нажатия кнопки *Start* производится последовательный перебор заданных значений входной частоты.

Следует иметь в виду, что выводимые значения измеряются только на той частоте, которая была задана. Следовательно, этот метод анализа неприменим, например, для исследования детекторов, где входная и выходная частота различны.

6.4. Порядок выполнения работы

Целью работы является:

- исследование усилителя промежуточной частоты (УПЧ) радиоприемного устройства при работе с различными резонансными системами, а также приобретение навыков расчета их параметров, настройки и регулировки.

Усилитель промежуточной частоты собран по схеме, показанной на рис.17.

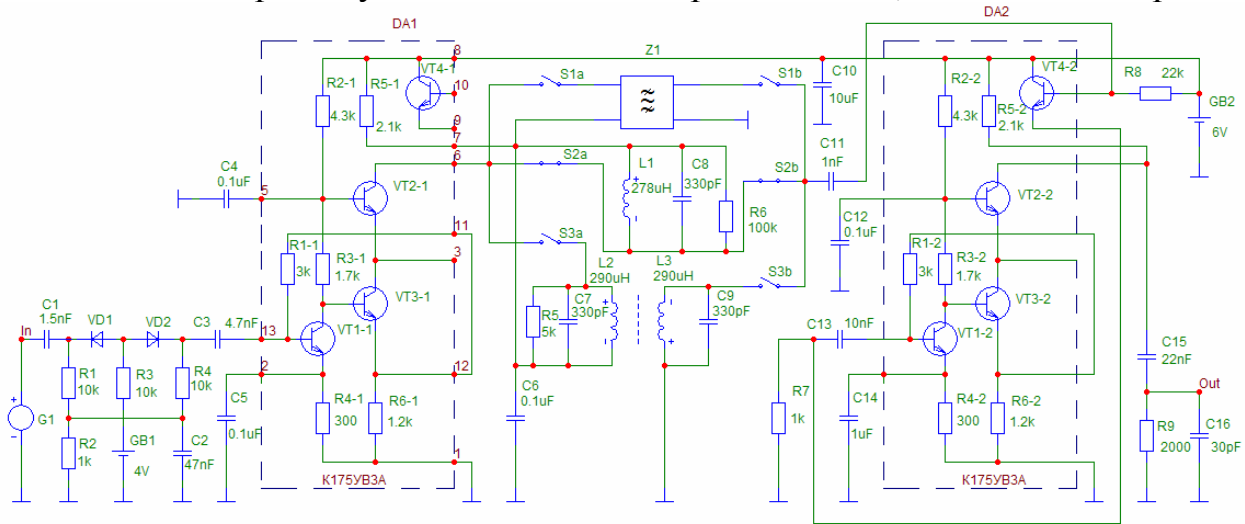



Рис. 17

Схема (файл `resus.cir`) включает регулируемый аттенюатор, основанный на изменении сопротивления диодов $VD1$, $VD2$ под действием управляющего напряжения от источника $GB1$, двухкаскадный УПЧ на микросхемах $DA1$, $DA2$ (типа $K175UB3A$), в цепь межкаскадной связи которого включаются одноконтурный, полосовой или электромеханический фильтры. Управляющее напряжение на диоды $VD1$, $VD2$, входящие в систему аттенюатора, подается через резисторы $R1 \dots R4$. Микросхемы $DA1$, $DA2$ представляют собой каскодные усилители широкого применения. В них пара транзисторов $VT2$, $VT3$ включена каскодно, а первый транзистор $VT1$ служит для термокомпенсации выходного тока и дополнительного усиления. Вторая микросхема $DA2$ позволяет устранить влияние нагрузки на форму резонансной кривой УПЧ. Этому также способствует включение на входе ее усилителя дополнительного транзистора $VT4$ с общим коллектором. Нагрузкой второго каскада служит резистор $R9$ и конденсатор $C16$.

6.4.1. Измерить резонансный коэффициент усиления УПЧ с одноконтурным, двухконтурным полосовым (при факторе связи $\beta = 0.5$, $\beta = 1.0$, $\beta = 2$) и электромеханическим фильтром в цепи межкаскадной связи.

Для этого вызвать файл *resus.sig* и замкнуть сдвоенный тумблер S2a, S2b. Задать значение управляющего напряжения на источнике GB1 7 В, а на источнике сигналов G1 1 мВ с частотой 500 кГц. Войти в меню *Analysis* (Анализ) и затем, в ниспадающем меню в режим анализа частотных свойств АС (рис. 13). Для оценки резонансного коэффициента усиления нажать на пиктограмму  (*Peak*).


Записать величину полученного коэффициента усиления. Разомкнуть переключатели S2a, S2b и замкнуть S3a, S3b. Войти в пошаговый режим и задать изменение коэффициента связи K1 0.04, 0.08, 0.016 (соответствуют значениям фактора связи 0.5, 1.0 и 2.0). Повторить измерения. Разомкнуть S3a, S3b и замкнуть тумблеры S1a, S1b. Повторить измерения. Полученные результаты свести в табл. 2.

Таблица 2

Схема	Одноконтурная	Полосовой фильтр			ЭМФ
		$\beta = 0,5$	$\beta = 1$	$\beta = 2$	
K0					

6.4.2. Снять резонансные характеристики исследуемых схем УПЧ.

Для этого в меню главного окна выбрать команду *Analysis* и, в ниспадающем подменю, программу анализа частотных свойств АС (рис. 13) УПЧ. По методике п. 6.5.1. осуществить последовательно анализ резонансных кривых каскада.

Нажать на пиктограмму  и вызвать появление вертикального курсора. Передвигая его по графику, снять значения частоты и коэффициента усиления в 15 ... 20 точках.

Полученные данные занести в табл. 3.

Таблица 3

f, кГц	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590
K ₀																			

Повторить измерения для других схем, руководствуясь последовательностью измерений по п. 6.5.1. Построить графики $K = \psi(f)$.

6.4.3. Снять зависимость коэффициента усиления K₀ УПЧ от величины регулирующего напряжения.

Величину регулирующего напряжения следует изменять от 0 до 7 В. Полученные данные свести в табл. 4. Построить график $K_{УПЧ} = f(U_p)$

Таблица 4

U _p , В	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
K ₀															

6.4.4. Оценить время установления амплитуды незатухающих колебаний при изменении полосы пропускания усилителя

Для этого войти в меню главного окна, выбрать команду *Analysis* и, в выпадающем подменю, программу анализа переходных процессов *Transient Analysis* (рис. 11) УПЧ. По методике п. 6.5.2. осуществить последовательно анализ двухконтурного каскада при коэффициентах связи $k_{св} = (0.004, 0.008, 0.016)$. Объяснить разницу полученных результатов.

6.5. Контрольные вопросы

- 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) Как найти максимальное значение полученного графика?
- 8) Как скопировать полученную схему для вставки ее в текстовый редактор?
- 9) Как измерить напряжения в узлах схемы?
- 10) Как измерить токи, протекающие в проводниках?
- 11) Как оценить мощность, выделяющуюся на элементах схемы?
- 12) Как обеспечить шинное соединение проводников?

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ MULTISIM

7.1. Краткие сведения по содержанию работы

В программе Multisim моделирование процессов, происходящих в радиотехнических схемах, производится в среде, осуществляющей имитацию измерительной аппаратуры, вплоть до воспроизведения внешнего вида лицевой панели и органов управления (рис. 18).

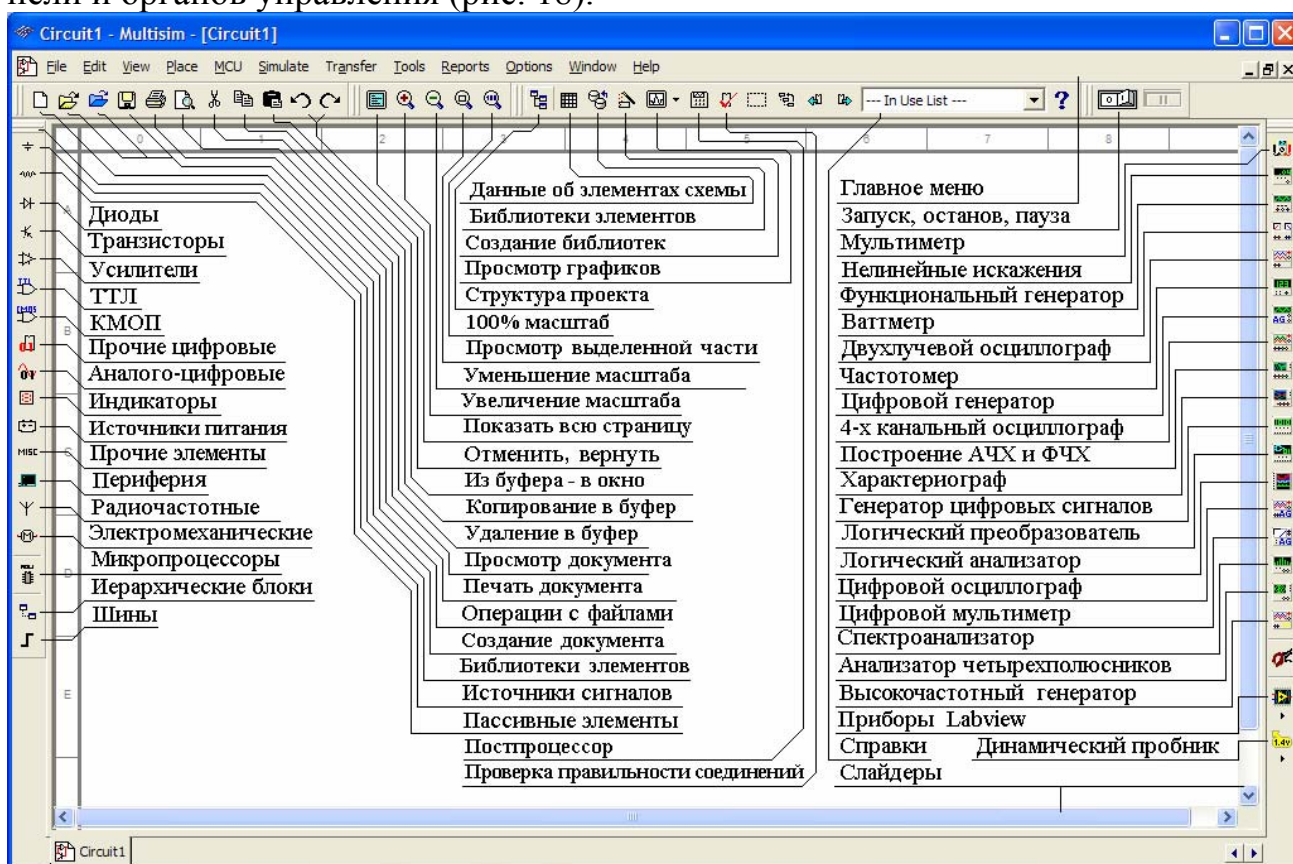



Рис. 18

Сначала в программу Multisim ([1] с. 48...53) вводится анализируемая схема. 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. Все проводники в программе Multisim по умолчанию красного цвета, но цвет проводника можно изменить. Для этого нужно щелчком на изображении проводника выделить его, а затем правой кнопкой «мыши» открыть окно

свойств проводника, и по команде Change Color мышью выбрать требуемый цвет. Если в схеме компоненты размещены неаккуратно, то может потребоваться спрямить проводники, соединяющие компоненты.

К нужным контрольным точкам из меню радиоэлектронных приборов присоединяют необходимые измерительные инструменты.

В программе Multisim моделирование процессов, происходящих в радиотехнических схемах, производится в среде, осуществляющей имитацию измерительной аппаратуры, вплоть до воспроизведения внешнего вида лицевой панели и органов управления.

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.

В библиотеке компонентов имеются электрорадиоэлементы, управляемые нажатием клавиш (переменные сопротивления, конденсаторы и т. п.). Возможно изменение параметров этих компонентов или управление их работой. 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.

Помимо наблюдения тех или иных характеристик на элементах индикации радиоизмерительных приборов, имеется возможность получения графического материала, подтверждающего результаты испытаний. С этой целью из меню Simulate (Моделировать) нужно войти в опцию Analyses (Анализ) и выбрать интересующий вид анализа. Предусмотрены следующие возможности:

- DC operating Point – расчет режима по постоянному току,
- AC Analysis – анализ по переменному току (амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики),
- Transient Analysis – получение переходных характеристик,
- Fourier Analysis – спектральный анализ с использованием преобразования Фурье,
- Noise Analysis - получение спектральной плотности шума и интегральной величины шума,
- Noise Figure Analysis – измерение уровня шумов схемы,
- Distortion Analysis – определение уровня нелинейных и интермодуляционных искажений,
- DC Sweep – анализ при изменении постоянного напряжения источника,
- Sensitivity – расчет относительной чувствительности характеристик схемы к изменениям параметров выбранного компонента,
- Parameter Sweep – оценка влияния вариации параметров элементов на работу схемы,
- Temperature Sweep – учет температурных изменений параметров элементов,

- Pole Zero – расчет карты нулей и полюсов передаточной характеристики моделируемой схемы,
- Transfer Function – определение передаточных характеристик схемы,
- Worst Case – расчет значений параметров компонентов схемы в режиме DC или AC при предельных отклонениях ее характеристик, задаваемых в диалоговом окне,
- Monte Carlo – статистический анализ по методу Монте-Карло,
- Trace Width Analysis – анализ минимальной толщины и токов в проводниках,
- Batched Analysis – комплексный анализ,
- User Defined Analysis – анализ, определенный пользователем.

7.2. Инструментальные средства программы Multisim

Имеются следующие радиоизмерительные приборы.

7.2.1. Мультиметр (Multimeter)

Мультиметр предназначен для измерения токов, напряжений, сопротивлений в схеме (рис. 19).

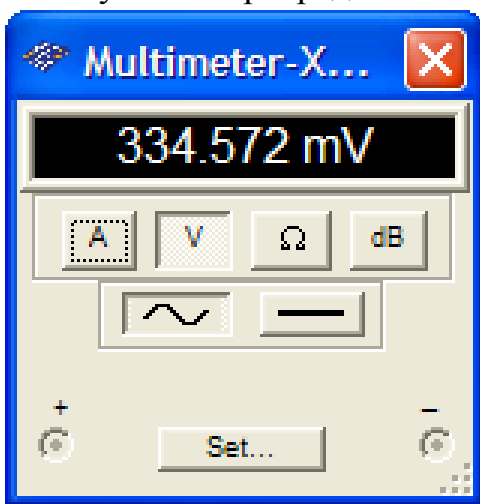


Рис. 19

На лицевой панели мультиметра расположен дисплей для отображения результатов измерения, клеммы для подключения к схеме и кнопки управления:

- выбор режима измерения тока, напряжения, сопротивления и ослабления (затухания);
- выбор режима измерения переменного или постоянного тока;
- режим установки параметров мультиметра (Set). После нажатия на эту кнопку открывается диалоговое окно, где устанавливаются:
 - Ammeter resistance — внутреннее сопротивление амперметра;

Voltmeter resistance — входное сопротивление вольтметра;

Ohmmeter current — ток через контролируемый объект.

Мультиметр измеряет эффективное (действующее) значение переменного тока.

7.2.2. Измеритель нелинейных искажений (Distortion Analyzer)

Внешний вид измерителя нелинейных искажений показан на рис. 20.

Он предназначен для определения коэффициента гармоник, появляющихся в схеме за счет нелинейного преобразования гармонического сигнала.

В строке Fundamental Freq устанавливается основная частота подводимого к измеряемому устройству сигнала. В строке Resolution Freq задается разрешающая способность прибора. Кнопками Start (включена по умолчанию) и Stop осуществляется запуск и останов измерений.

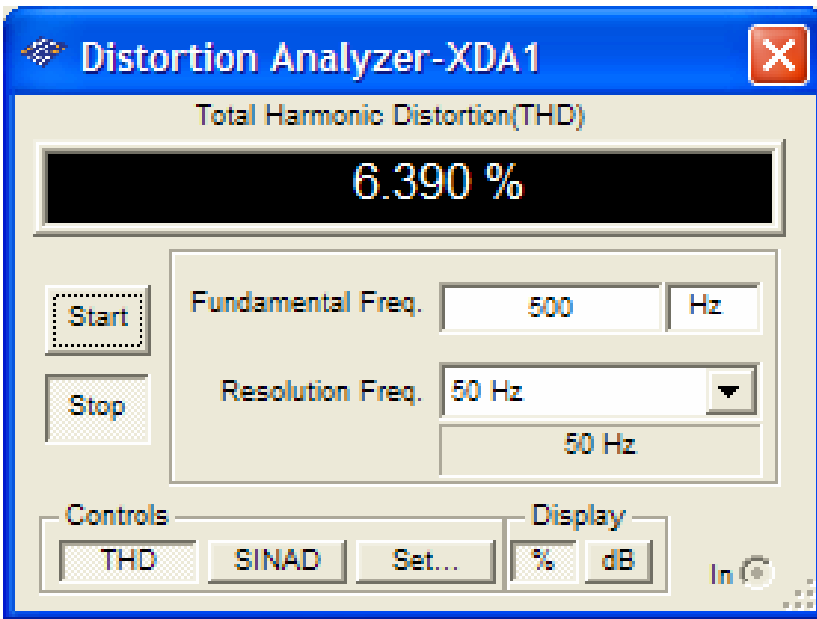


Рис. 20

В блоке Controls кнопкой THD включается режим измерения нелинейных искажений, а кнопкой SINAD определяются значения сигнал/шум устройства. Кнопкой Set задается стандарт измерений (IEEE или ANSI/IEC), количество анализируемых гармоник и число точек измерений.

В блоке Display осуществляется выбор представления измеряемой величины (в % или дБ).

7.2.3. Функциональный генератор (Function Generator)

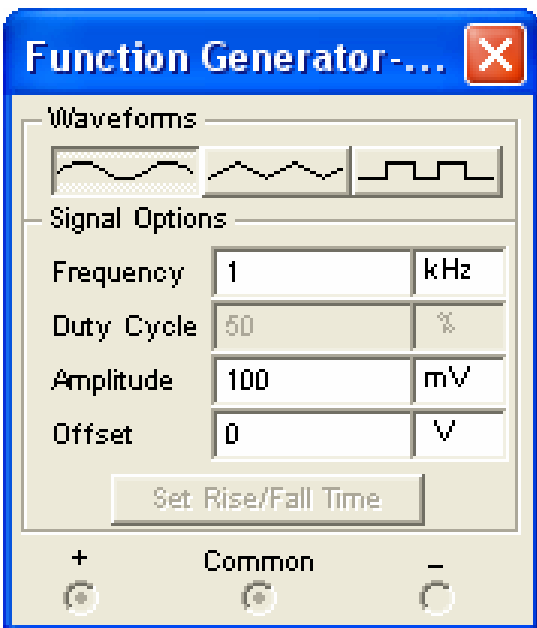


Рис. 21

Функциональный генератор служит для формирования прямоугольных, треугольных и синусоидальных колебаний нужной амплитуды и частоты. Лицевая панель генератора показана на рис. 21.

Управление генератором осуществляется следующими органами управления.

Верхний ряд кнопок – выбор формы выходного сигнала: синусоидальной (выбрана по умолчанию), треугольной и прямоугольной;

Frequency – установка частоты выходного сигнала;

Duty Cycle – установка коэффициента заполнения в %: для импульсных сигналов это отношение длительности импульса к периоду повторения – величина, обратная

скважности, для треугольных сигналов – соотношение между длительностями переднего и заднего фронта;

Amplitude – установка амплитуды выходного сигнала;

Offset – установка смещения (постоянной составляющей) выходного сигнала;

Set Rise / Fall Time – установка длительности переднего и заднего фронта импульсного сигнала.

Внизу прибора помещены выходные зажимы; при заземлении клеммы Common (общий) на клеммах "-" и "+" получаем парафазный сигнал.

3.2.3. Ваттметр (Wattmeter)

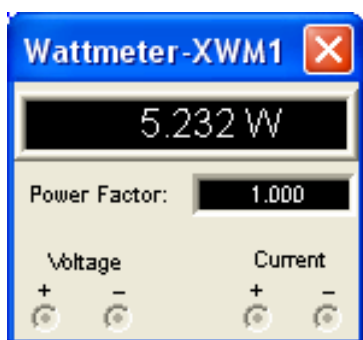


Рис. 22

Лицевая панель ваттметра показана на рис. 22.

Прибор подключается параллельно и последовательно с нагрузкой, используя входы Voltage (Напряжение) и Current (Ток). Масштабный множитель, соответствующий косинусу фазового угла между напряжением и током отображается в окне Power Factor.

7.2.4. Двухлучевой осциллограф (Oscilloscope)

Лицевая панель осциллографа показана на рис. 23.

У осциллографа регулируются усиления каналов, частота развертки, смещение лучей по координатам X, Y, имеются открытый и закрытый входы, предусмотрен ввод сигналов синхронизации. Осциллограф имеет два канала (Channel) А и В с отдельной регулировкой чувствительности в диапазоне от 10 пВ/дел (pV/Div) до 1000 тВ/дел (tV/Div) и регулировкой

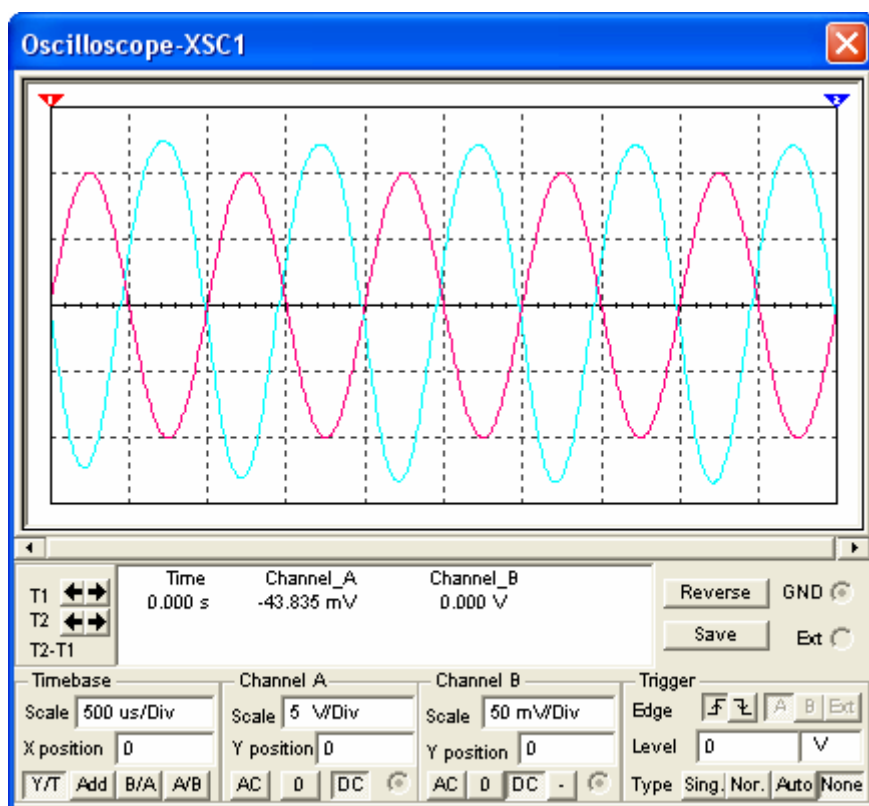


Рис. 29



смещения по вертикали (Y Pos). Выбор режима по входу осуществляется нажатием кнопок. Режим AC предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока (его еще называют режимом "закрытого входа", поскольку в этом режиме на входе усилителя включается разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую). В режиме 0 входной зажим замыкается на землю. В режиме

DC (включен по умолчанию) можно проводить осциллографические измерения

как постоянного, так и переменного тока. Этот режим еще называют режимом "открытого входа", поскольку входной сигнал поступает на вход вертикального усилителя непосредственно. С правой стороны от кнопки DC расположен входной зажим.

Режим развертки выбирается кнопками. При нажатии кнопки Y/T (обычный режим, включен по умолчанию) реализуются следующие режимы развертки: по вертикали – напряжение сигнала, по горизонтали – время; в режиме В/А: по вертикали – сигнал канала В, по горизонтали – сигнал канала А; в режиме А/В: по вертикали – сигнал канала А, по горизонтали – сигнал канала В.

В режиме развертки Y/T длительность развертки (Time Base) может быть задана в диапазоне от 0,1 пс/дел (ps/div) до 1 тс/дел (ts/div) с возможностью установки смещения в тех же единицах по горизонтали, т.е. по оси X (X Pos).

В режиме Y/T предусмотрен также ждущий режим (Trigger) с запуском развертки (Edge) по переднему или заднему фронту запускающего сигнала (выбирается нажатием кнопок  или  при регулируемом уровне (Level) запуска, а также в режиме Auto (от канала А или В), от канала А, от канала В или от внешнего источника (Ext), подключаемого к зажиму в блоке управления Trigger. Названные режимы запуска развертки выбираются соответствующими кнопками.

В индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линиями).

Изображение можно инвертировать нажатием кнопки Reverse и записать данные в файл нажатием кнопки Save.

Заземление осциллографа осуществляется с помощью клеммы Gnd.

7.2.5. Частотомер (Frequency Counter)

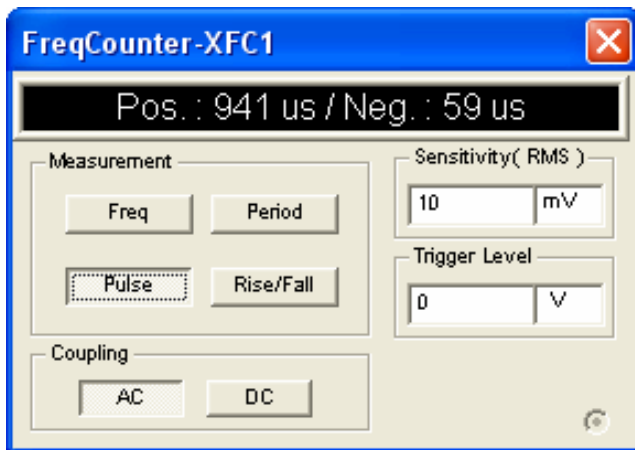


Рис. 30

Лицевая панель частотомера показана на рис. 30.

Частотомер позволяет измерять частоту (Frequency), период (Period), длительность импульса (Pulse), время установления / спад (Rise/Fall) генерируемых колебаний.

Режим AC предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока. В режиме DC (включен по умолчанию) можно проводить измерения как постоянного, так и переменного тока. С правой стороны от

кнопки DC расположен входной зажим.

В окне Sensitivity (RMS) устанавливается чувствительность (перепад напряжения) для срабатывания частотомера. В окне Trigger Level задается напряжение срабатывания.

7.2.6. Функциональный генератор (Agilent Function Generator)

Многоцелевой функциональный генератор (рис. 31) фирмы Agilent типа 33120A имеет частотный диапазон до 15 МГц, произвольную форму сигналов и различные виды модуляции.

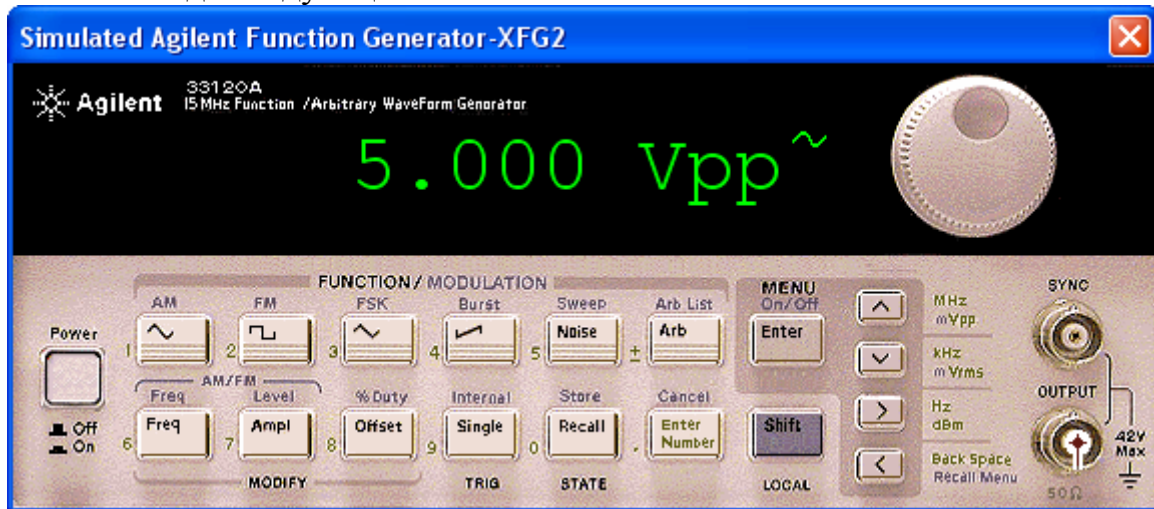


Рис. 31

Управление генератором осуществляется двумя левыми рядами кнопок, а для формирования сложных сигналов используется программное меню, вызываемое кнопками Menu, Shift, ↑, ↓, ← и →.

7.2.7. Четырехканальный осциллограф (4-Channel Oscilloscope)

Лицевая панель осциллографа показана на рис. 32.

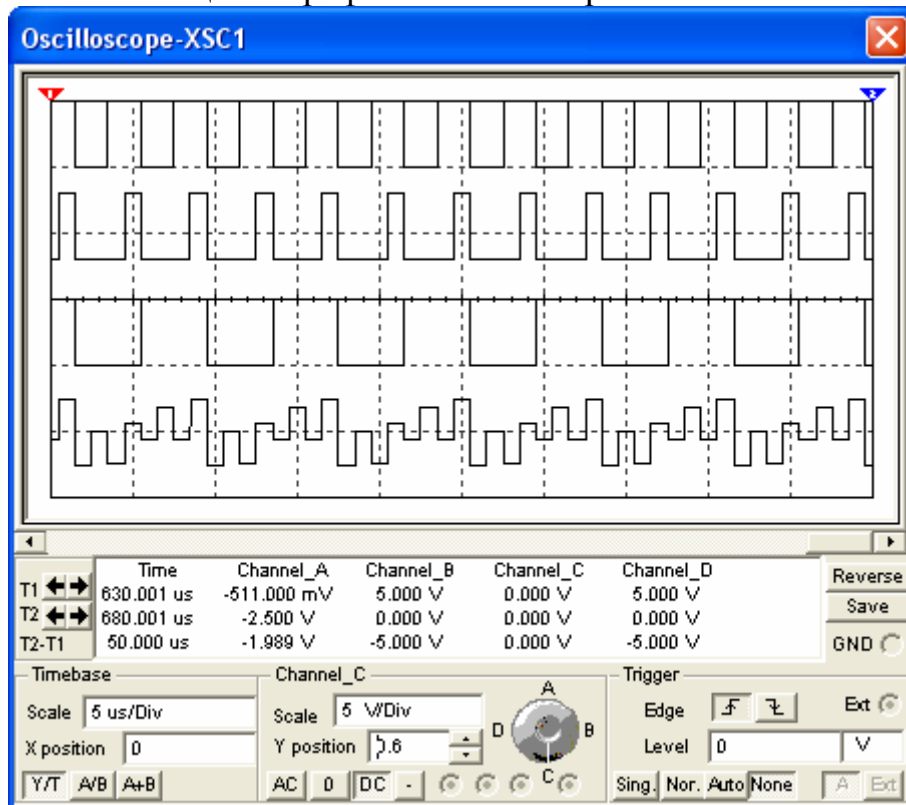


Рис. 32

Назначение органов управления четырехканального осциллографа аналогичны вышеприведенным в п. 7.2.4., а переключение масштаба отображения графиков по отдельным каналам производится центральным переключателем.

7.2.8. Измеритель АЧХ и ФЧХ (Bode Plotter)

Лицевая панель измерителя АЧХ-ФЧХ показана на рис. 33.

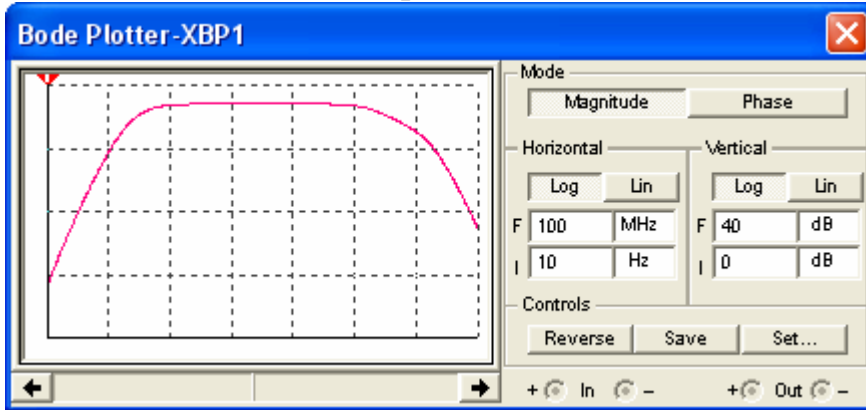


Рис. 33

Измеритель предназначен для анализа амплитудно-частотных (при нажатой кнопке Magnitude, включена по умолчанию) и фазо-частотных (при нажатой кнопке Phase) характеристик при логарифмической (кнопка Log, включена по

умолчанию) или линейной (кнопка Lin) шкале по осям Y (Vertical) и X (Horizontal). Настройка измерителя заключается в выборе пределов измерения коэффициента передачи, вариации частоты с помощью кнопок в окошках F – максимальное и I – минимальное значение. Значение частоты и соответствующее ей значение коэффициента передачи или фазы в отдельных точках АЧХ или ФЧХ можно получить с помощью вертикальной визирной линии, находящейся в исходном состоянии в начале координат и перемещаемой по графику мышью или кнопками ← или →. Результаты измерения можно записать в текстовый файл с помощью кнопки Save (по умолчанию предлагается имя схемного файла). В полученном таким образом текстовом файле с расширением .dp АЧХ и ФЧХ представляются в табличном виде.

Подключение прибора к исследуемой схеме осуществляется с помощью зажимов In (вход) и Out (выход). Левые клеммы зажимов подключаются соответственно к входу (источнику переменного напряжения) и выходу исследуемого устройства, а правые – к общей шине.

7.2.9. Характериограф (IV Analysis)

Внешний вид характериографа показан на рис. 34.

Этот прибор предназначен для снятия вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов.

В верхнем окне (Components) выбирается тип полупроводникового прибора:

- полупроводниковый диод (Diode);
- PNP и NPN биполярный транзистор (BJT PNP), (BJT NPN);
- полевой транзистор с P-переходом и N-переходом (PMOS), (NMOS).

В окне Current range (A) выбирается логарифмическая (Log) или линейная (Lin) шкала отображения измеряемых величин тока, где в окошках F и I

устанавливают максимальное и минимальное значение выходного тока. Аналогично устанавливают пределы и масштаб отображения выходного напряжения - Voltage Range (V).

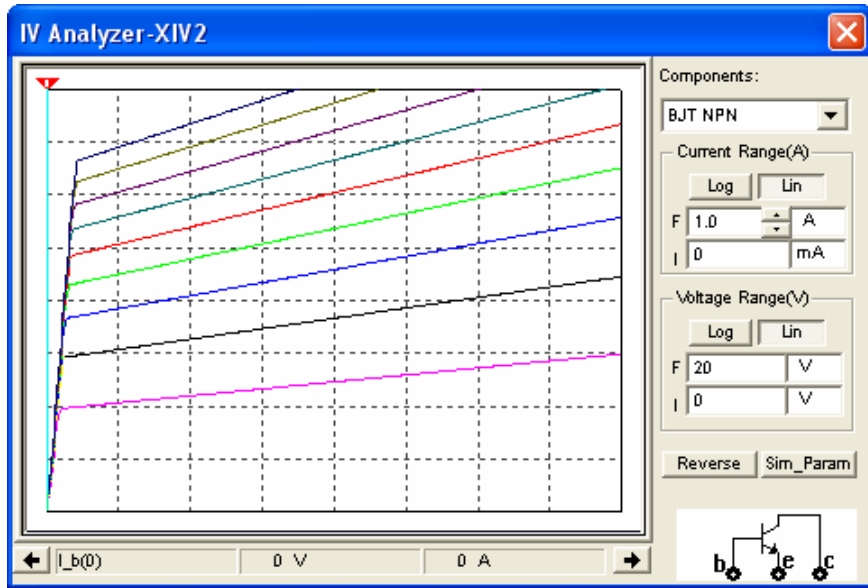


Рис. 34

Кнопкой Reverse можно менять на обратный цвет фона экрана прибора. При нажатии кнопки Sim_Param устанавливаются параметры моделирования:

- подводимые к диоду напряжения (Source Name V_{pn}) – начальное (Start), конечное (Stop), приращение (Increment);
- подводимые к биполярному транзистору напряжение коллектор-эмиттер (Source Name V_{ce}), ток базы (Source Name I_b) с начальными и конечными значениями и количеством построенных вольтамперных характеристик (Num Steps);
- подводимые к полевому транзистору: напряжение сток-исток (Source Name V_{ds}), напряжение затвор-исток (Source Name V_{gs}).

7.2.10. Генератор слова (Word Generator)

Внешний вид генератора слова в развернутом виде показан на рис. 35.

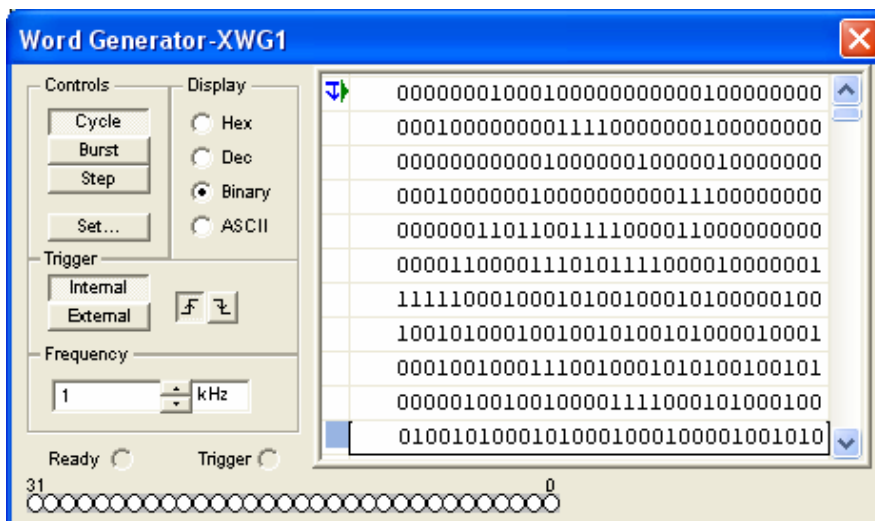


Рис. 35

Генератор (его называют еще кодовым генератором) предназначен для генерации 32-разрядных двоичных слов, которые набираются пользователем на экране, расположенном в левой части лицевой панели в шестнадцатеричном (Hex), десятичном (Dec), двоичном (Binary) или буквенном (ASCII) виде. Для набора двоичных комбинаций необходимо щелкнуть мышью на соответствующем разряде и затем ввести с клавиатуры 0 или 1. Дальнейшие перемещения по полю экрана удобнее проводить не с помощью мыши, а клавишами управления курсором. Содержимое экрана можно стереть, загрузить новое значение или записать в файл через функцию Set. При записи необходимо нажать кнопку Save и в диалоговом окне указать имя файла (по умолчанию предлагается имя схемного файла). В полученном таким образом текстовом файле с расширением .dp будет записано в виде таблицы содержимое экрана с указанием номеров строк (слов). При необходимости его можно отредактировать и загрузить снова нажатием кнопки Load.

Сформированные слова выдаются на 32 расположенные в нижней части прибора выходные клеммы-индикаторы с индикацией выходного сигнала в двоичном коде.

Последовательности слов выдаются в пошаговом (при нажатии кнопки Step), циклическом (при нажатии кнопки Cycle) режиме или с выбранного слова до конца (при нажатии клавиши Burst) при заданной частоте посылок (установка – нажатиями кнопок в окнах Frequency);

Прибор работает при внутреннем (при нажатии кнопки Internal) или внешнем запуске (при нажатии кнопки External) по переднему или заднему фронту импульсов, используя кнопки \square или \square . Рядом расположена клемма для подключения сигнала синхронизации Trigger.

На клемму Ready выдается выходной синхронизирующий импульс.

7.2.11. Логический преобразователь (Logic Converter)

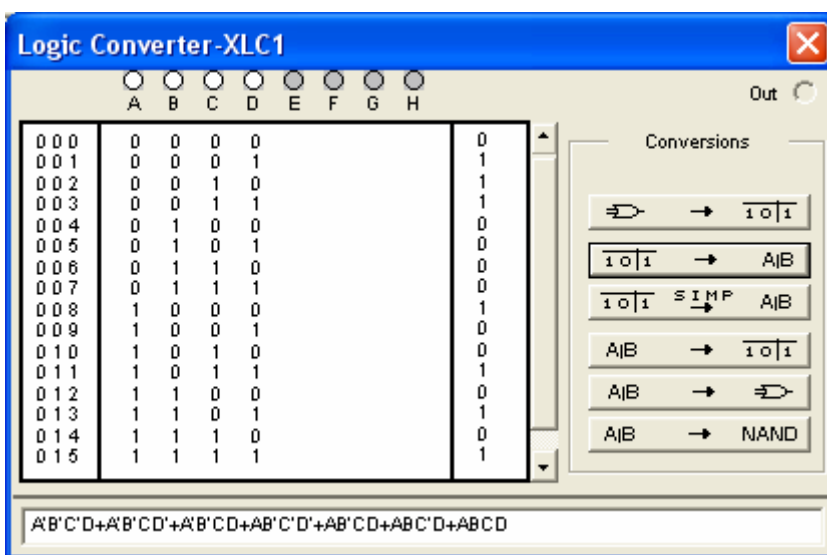


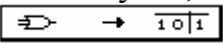
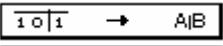
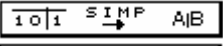
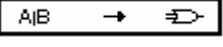
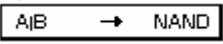
Рис. 36

Внешний вид логического преобразователя показан на рис. 36.

На лицевой панели преобразователя показаны клеммы-индикаторы входов A, B, ..., H и одно выхода Out, экран для отображения таблицы истинности исследуемой схемы, экран-строка для отображения ее булева выражения (в нижней части). В правой части панели расположены кнопки управле-

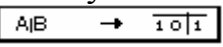
ния процессом преобразования (Conversions). Приведем возможные варианты использования преобразователя.

При логическом анализе n-входного устройства с одним выходом входы исследуемого устройства подключаются к клеммам A, ... , N, а выход – к клемме Out. В этом случае, используя кнопки управления, получим:

-  → $\overline{1011}$ – таблицу истинности исследуемого устройства;
-  → A_1B – булево выражение, реализуемое устройством;
-  → A_1B – минимизированное булево выражение;
-  → A_1B – схему устройства на логических элементах без ограничения их типа;
-  → NAND – схему устройства только на логических элементах И-НЕ.

Для синтеза логического устройства по таблице истинности щелчком мыши по входным клеммам A, B, ..., N, начиная с клеммы A, активизируют требуемое число входов анализатора (на рис. 36 показаны активными входы A, B, C и D), в результате чего на экране анализатора получим начальную таблицу истинности, в которой будут представлены все возможные комбинации входных сигналов и соответствующие им значения логических сигналов (0 или 1) в столбце Out.

Отредактируем полученную таблицу в соответствии с заданием путем записи 1, 0 или X в столбце Out в строках, которые по комбинациям входных сигналов соответствуют заданным. Пусть, например, в первой строке при комбинации входных сигналов 0000 (см. рис. 36) нужно на выходе получить не 0, а 1. Для этого ставим курсор мыши на первую строку в столбце Out, производим щелчок и на клавиатуре вводим 1. Дальнейшие перемещения с целью редактирования остальных строк столбца Out удобнее производить с помощью клавиш управления курсором. При этом данные в столбцах A, B, C и D редактирования не требуют, поскольку в этих столбцах уже имеются все возможные комбинации. Далее можно получить булево выражение, минимизировать его и построить схему устройства.

При синтезе логического устройства по булеву выражению последнее заносится в экран-строку, предварительно активизируя там мышью курсор. Используются символы A, ... , N, а при инверсии – A' , ... , N' . Нажимая кнопку , можно получить таблицу истинности и схему устройства, как это было описано выше.

7.2.12. Логический анализатор (Logic Analyzer)

Внешний вид логического анализатора показан на рис. 37.

Анализатор предназначен для отображения на экране монитора 16-разрядных кодовых последовательностей одновременно в шестнадцать точек схемы, а также в виде двоичных чисел на входных клеммах-индикаторах. Длительность развертки задается в окне Clock, при нажатии кнопки Set.

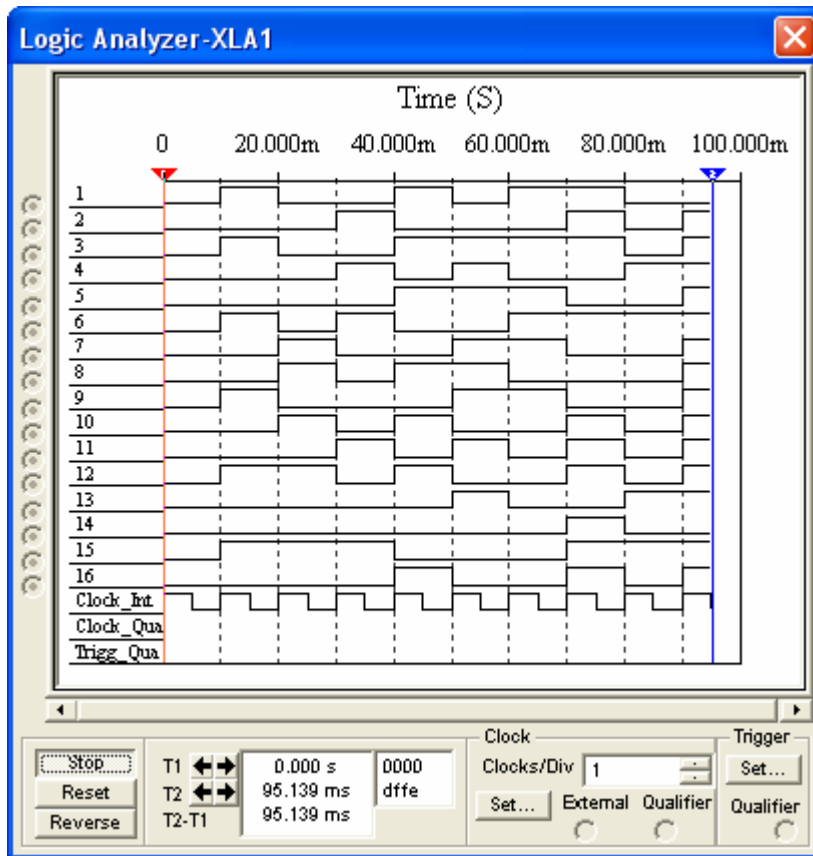


Рис.37

7.2.13. Аналого-цифровой осциллоскоп (Agilent Oscilloscope)

Осциллоскоп фирмы Agilent типа 54622D (рис. 38) имеет двухканальный аналоговый и 16-канальный цифровой входы максимальную частоту 100 МГц и встроенную память 4 мегабайт.

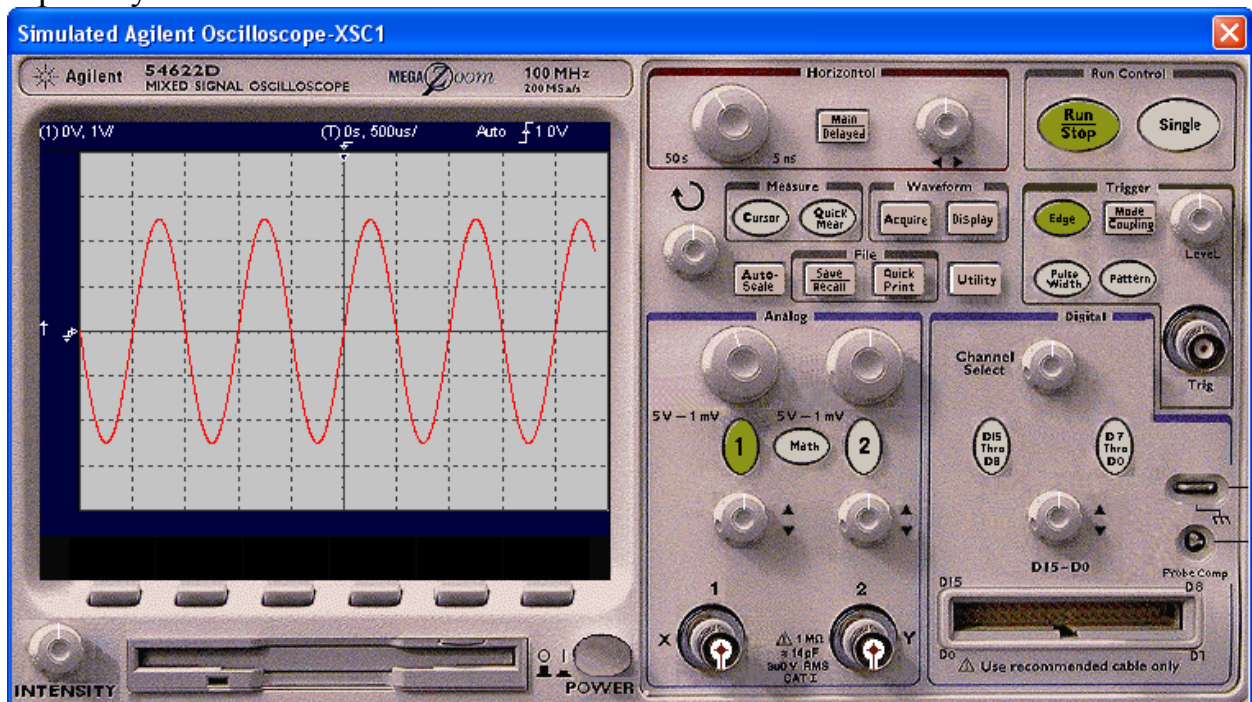


Рис. 38

В блоке Trigger по нажатию кнопки Set задается запуск по положительному (включена по умолчанию) или отрицательному спаду сигнала. Имеется клемма для подключения внешнего источника синхронизации, например, генератора слова. Кроме того, предусмотрен запуск по заданной двоичной комбинации, устанавливаемой пользователем в виде 1, 0 или X (неопределенное состояние), предварительно щелкнув мышью на нужном разряде.

Управление осциллоскопом стандартно и осуществляется соответствующими ручками и кнопками.

7.2.14. Цифровой мультиметр (Agilent Multimeter)

Цифровой мультиметр фирмы Agilent типа 34401A (рис. 39) предназначен для измерения постоянных (DC) и переменных (AC) токов, напряжений и сопротивлений (Ω). В отличие от традиционных мультиметров он может также измерять частоту (Freq) и период (Period) колебаний. Можно осуществлять математическую обработку результатов измерений (Math), задавать точность измерений (до 6 знаков).



Рис. 39

7.2.15. Спектроанализатор (Spectrum Analyzer)

Внешний вид спектроанализатора показан на рис. 40.

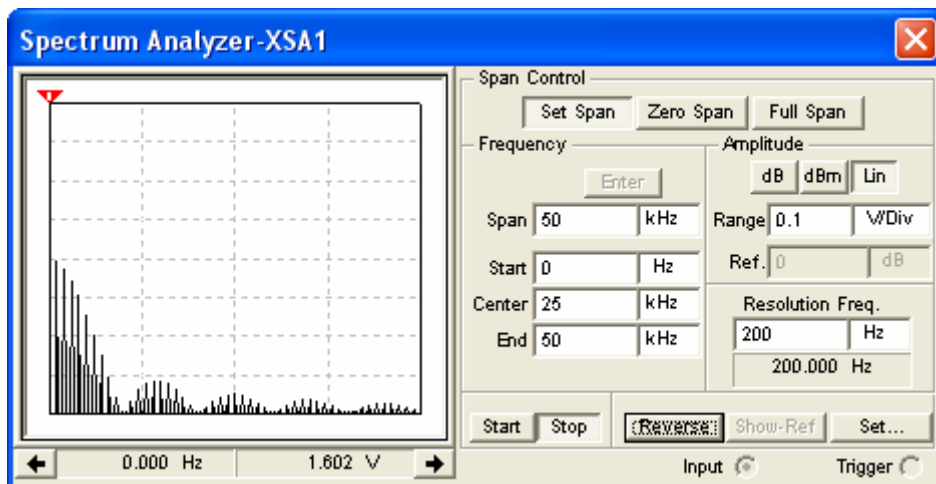


Рис. 40

В блоке Span Control устанавливают пределы отображения интересующего частотного диапазона. После занесения его в строку Span блока Frequency, указания начального значения в строке Start и нажатия кнопки Enter в строках Center и End будут показаны центральное и конечное значение отображаемых частот.

При выборе нулевого отклонения измеряемой частоты (*Zero Span*) и занесения его в блок *Frequency* анализ будет проведен на центральной частоте.

При нажатии кнопки *Full Span* сканирование частотного диапазона будет происходить в пределах от 0 Гц до 4 ГГц.

В блоке *Amplitude* задают масштаб отображаемых величин по вертикали:

- при нажатии кнопки *Lin* в В/дел;
- при нажатии кнопок *dV* или *dBm* в дБ/дел относительно уровня, задаваемого в окне *Ref*.

Разрешение прибора по частоте задается в окне *Resolution Freq*.

Кнопками *Start* (включена по умолчанию) и *Stop* осуществляется запуск и останов измерений.

Кнопкой *Reverse* можно менять на обратный цвет фона экрана прибора.

Кнопкой *Show-Ref* показывают относительный уровень при измерениях в дБ или дБм.

Кнопкой *Set* осуществляют начальные установки:

- внутренний (*Internal*) или внешний (*External*) источник запуска (*Trigger Source*);
- непрерывный запуск (*Continuous*) или одиночный (*Single*);
- пороговый уровень (*Threshold Volt (V)*);
- число точек при БПФ (*FFT Points*).

Значение частоты и соответствующее ей значение напряжения в отдельных точках частотного спектра можно получить с помощью вертикальной визирной линии, находящейся в исходном состоянии в начале координат и перемещаемой по графику мышью или кнопками ← или →.

7.2.16. Анализатор параметров четырехполюсников (*Network Analyzer*)

Вид анализатора параметров четырехполюсников показан на рис. 41.

В блоке *Mode* можно выбирать режим измерения параметров четырехполюсника (*Measurement*), определения частотных изменений параметров (*RF Characterizer*), задания начальных условий измерения (*Match Net Designer*).

В блоках *Graph* и *Trace* осуществляется выбор отображаемых величин и способ их представления.

В блоке *Functions* задаются отображаемые в заголовке функции, масштаб графиков (*Scale*), автоматический масштаб (*Auto Scale*), цвета графиков, текста и фона (*Set up*).

В блоке *Settings* можно осуществить загрузку предыдущих результатов измерений (*Load*), сохранить их в формате самой программы (*Save*), сохранить их в текстовом файле (*Exp*), распечатать на принтере (*Print*).

Кнопка *Simulation Set* позволяет установить пределы изменения частоты, число расчетных точек, сопротивление источника сигнала и нагрузки.

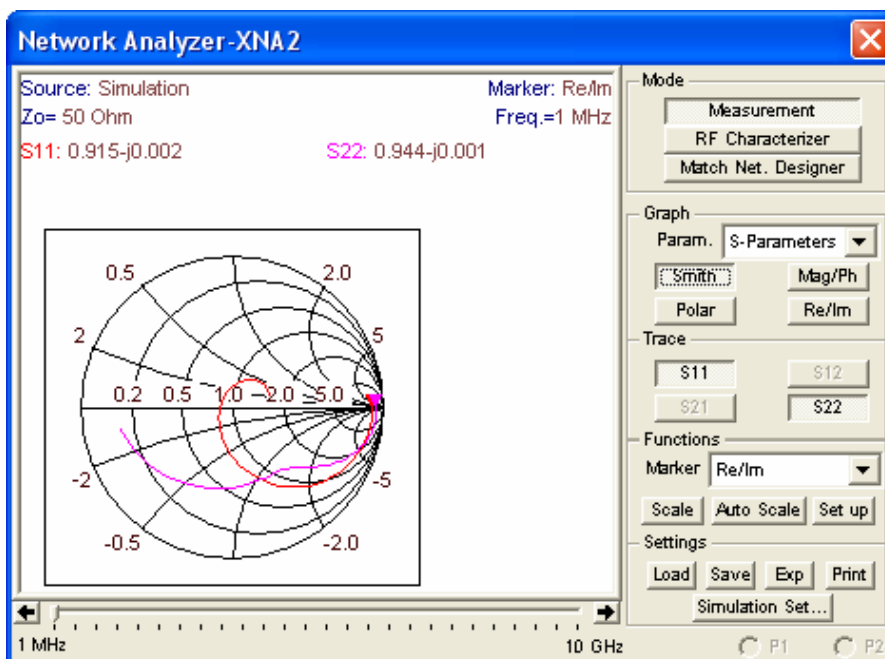


Рис. 41

7.2.17. Четырехканальный осциллограф (Tektronix Oscilloscope)

Осциллограф фирмы Tektronix типа TDS2024 (рис. 42) работает до частот 200 МГц и имеет четыре независимых канала. Управление каналами однотипно и включает установку положения лучей (Position), чувствительность по вертикали (Volts/Div) и горизонтали (Sec/Div). Имеется множество вспомогательных функций.

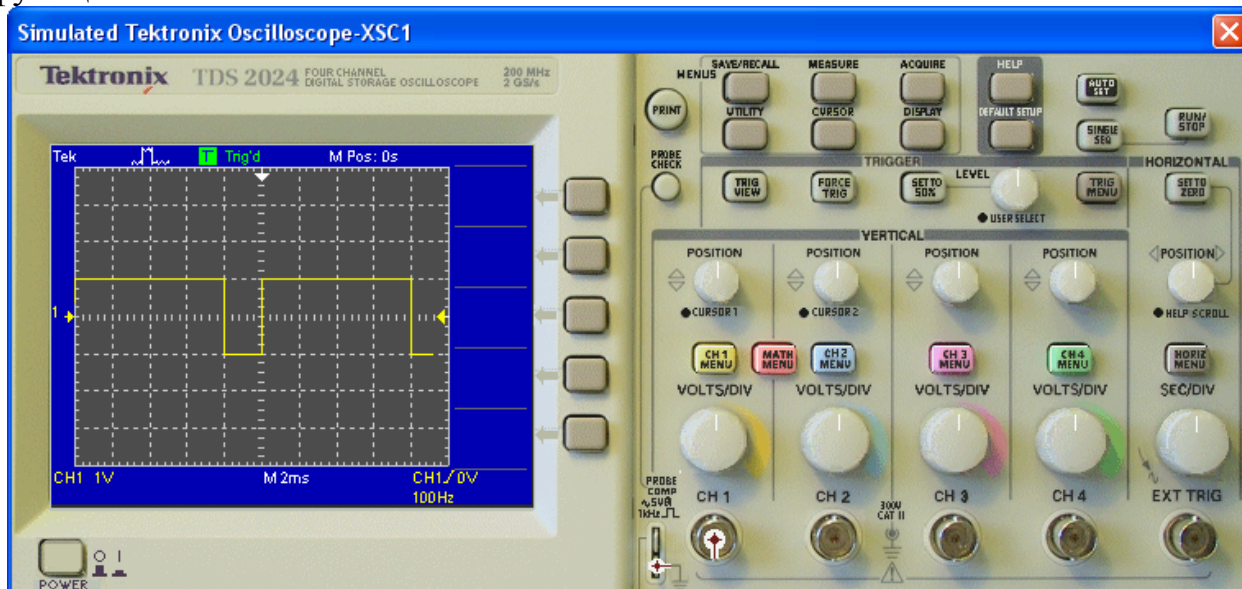


Рис. 42

7.2.18. Динамические измерительные пробники (Dynamic Measurement Probe)

Динамические измерительные пробники (рис. 43) предназначены для оперативного анализа состояния различных точек разрабатываемой схемы.

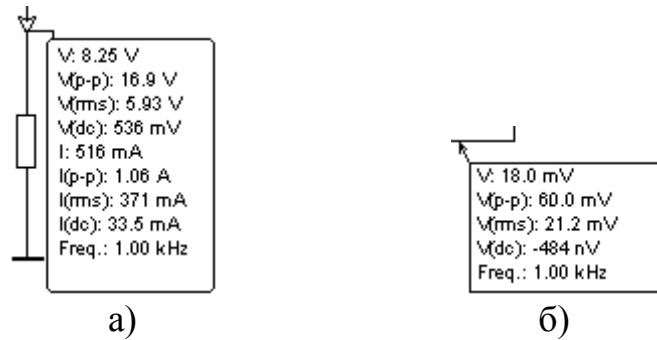


Рис. 43

Пробники включаются в разрыв цепи (рис. 43а) или просто подключаются к интересующему проводу (рис. 43б). В первом случае измеряются постоянные и мгновенные значения переменных напряжений и токов, во втором – только напряжения. Также в обоих случаях фиксируется частота сигнала.

7.3. Порядок выполнения работы

На основе задания, выданного для проектирования радиопередающего устройства по курсу “Формирование и передача сигналов” и, пользуясь литературой, произвести моделирование работы двух каскадов передатчика по указанию преподавателя.

7.4. Анализ примеров радиотехнических схем

По указанию преподавателя из директории программы samples и поддиректории analyses загрузить файлы с наиболее характерными примерами радиотехнических схем и познакомиться с результатами их моделирования.

7.5. Контрольные вопросы

- 1) Каково назначение и технические возможности программы Multisim?
- 2) Как в программе Multisim осуществляется ввод схем?
- 3) Какие библиотеки элементов содержатся в программе Multisim?
- 4) Как осуществить вращение элемента в программе Multisim?
- 5) Какие инструментальные средства имеются в программе Multisim?
- 6) Как изменить стандарт условных графических обозначений в программе Multisim?
- 7) Как изменить цвет проводников в программе Multisim?
- 8) Какие виды измерений предусмотрены в программе Multisim?
- 9) Опишите процедуру задания параметров моделирования в программе Multisim.
- 10) Опишите органы управления двухлучевого осциллографа из комплекта измерительной аппаратуры в программе Multisim.
- 11) Как произвести анализ переходных процессов в программе Multisim?
- 12) Какие функциональные возможности логического преобразователя?
- 13) Для чего предназначен характернограф?
- 14) Какие виды измерений позволяет производить частотомер?

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ ORCAD

8.1. Краткие сведения по содержанию работы

Пакет программ Orcad фирмы Cadence обеспечивает полный цикл проектирования многослойных печатных плат с размещением элементов в интерактивном режиме и использованием сервисных средств.

Из-за ограниченности объема пособия рассмотрим только редактор электронных схем Orcad Capture, который позволяет выполнять построение структурных, функциональных и электрических схем путем размещения и соединения пользователем условных графических изображений элементов, хранящихся в соответствующих библиотеках (рис. 44).

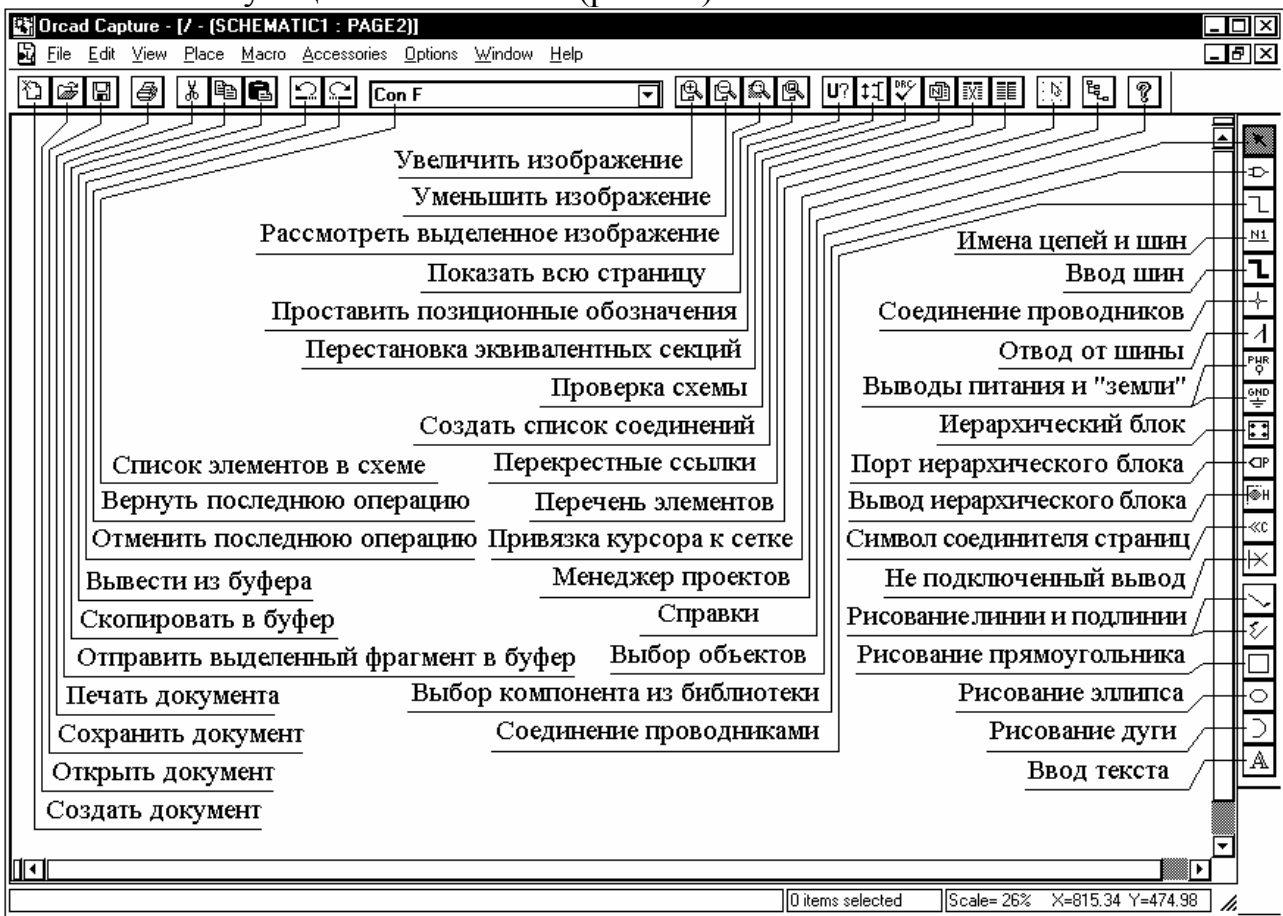


Рис. 44

Программа поддерживает режимы работы со стандартными форматами листов от A0 до A4.

Программа может работать в любом из графических стандартов, используемых в IBM совместимых компьютерах. Предусмотрено размещение компонентов, их вращение, зеркальное отображение, соединение проводниками и шинами, нанесение прерывистых линий, меток и текстовых обозначений, выделение отдельных частей схем в виде блоков, передвижение их и элементов по экрану, копирование, удаление, изменение масштаба, поиск элементов по име-

ни и т.д. Широко используется возможность работы с макросхемами, библиотечными файлами, принтером и графопостроителем, манипулятором типа «мышь». Возможно создание новых библиотечных описаний графических обозначений с помощью соответствующего языка.

После вызова программы появляется заставка с названием программы, а затем рабочее поле программы с главным меню.

В верхней строке указаны названия системных меню: *File* – операции с файлами, *Edit* – команды редактирования, *View* – изменение средств обзора, *Place* – размещение элементов проекта, *Macro* – работа с макрокомандами, *Accessoires* – вспомогательные средства, *Options* – настройка параметров проекта, *Window* – команды работы с окнами, *Help* – команды работы со средствами встроенной помощи.

При создании нового проекта выполняется команда *New Project* из меню *File*. В открывшемся окне на строке *Name* латинскими буквами указывают имя проекта, а на строке *Location* – имя подкаталога расположения проекта.

В средней части окна выбирается тип проекта. Имеются следующие типы проектов:

- аналоговые, цифровые или смешанные аналого-цифровые устройства (Analog or Mixed A/D), моделируемые с помощью программы Pspice A/D с возможностью разработки печатной платы подпрограммой Orcad Layout,
- печатные платы (PC Board Wizard) с возможностью моделирования,
- программируемые логические матрицы (Programmable Logic Wizard),
- не специализированные проекты без разработки печатных плат (Schematic).

Выбор типа проекта определяет набор команд Orcad Capture.

Электрические схемы большинства проектов могут размещаться на нескольких страницах. Для этого предусмотрены либо многостраничные, либо иерархические структуры.

В многостраничных схемах цепи соединяются с помощью многостраничных соединителей, имеющих одинаковые имена.

В иерархических структурах на схемах наряду с электрорадиоэлементами размещаются специальные символы, которые называют иерархическими блоками (Hierarchical Block). Принципиальная электрическая схема такого блока размещается в виде отдельной схемы.

Перед созданием нового проекта с помощью программы Orcad Capture необходимо задать параметры конфигурации с помощью трех команд меню *Options* менеджера проектов.

По команде *Preferences* задаются общие параметры схемы, инициализируемые при каждом запуске программы. Это:

- цвета всех объектов (Color/Print),
- стиль изображаемой сетки (Grid Display),
- параметры масштабирования (Pan and Zoom),
- параметры, связанные с выбором объектов (Select),
- особенности отображения графики и текста (Miscellaneous),

– конфигурация текстового редактора (Text Editor).

Команда *Design Template* определяет параметры нового проекта. Ряд из них может быть переопределен для каждой из страниц схемы. Перечислим их:

- шрифты надписей, принадлежащие разным объектам (Fonts),
- текст основной надписи (Title Block),
- размер схемы и расстояние между выводами компонентов (Page Size),
- параметры рамки (Grid Reference),
- параметры новых иерархических блоков и компонентов (Hierarchy),
- совместимость с предыдущими версиями программы (SDT Compatibility).

Изменение параметров текущего проекта выполняется по команде *Design Properties* или *Schematic Page Properties*.

После установки параметров проекта приступают к размещению символов

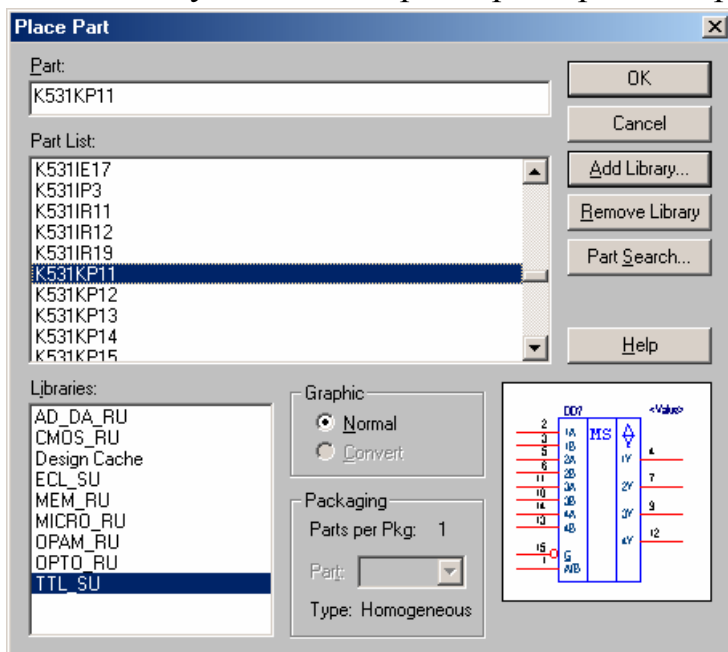



Рис. 45

компонентов, содержащихся в библиотеках. Они располагаются на схеме по команде *Place*, а затем *Part* или нажатием на пиктограмму  меню инструментов. В диалоговом окне этой команды (рис. 45) сначала в списке библиотек (Add Libraries) выбирается имя одной или нескольких библиотек, содержащих необходимые компоненты, отображаемые на панели *Part*.



Установка библиотеки производится нажатием кнопки *Add Library*. Если микросхема содержит несколько секций, то в



разделе *Packaging* указывается номер ее секции. Движением курсора компонент перемещают в нужное место схемы и фиксируют нажатием левой кнопки «мыши». Компоненты из библиотек переносят на схему нажатием кнопки *OK*. Нажатие правой кнопки «мыши» вызывает меню с командами вращения (*Rotate*), зеркального отображения (*Mirror*), изменения масштаба изображения (*Zoom*), редактирования параметров компонента (*Edit Properties*) и некоторых других. Завершение операций с компонентом осуществляется выбором команды *End Mode* или нажатием клавиши *Esc*.


По команде *Edit Properties* выводится окно редактирования параметров текущего элемента схемы, где указывают:

- номинальное значение параметра (Part Value) простого компонента (сопротивление, емкость и т. п.) или наименование сложного компонента (например, микросхемы),
- позиционное обозначение компонента (Part Reference),

- имя корпуса компонента для последующего проектирования печатной платы (PCB Footprint),
- номер секции для многосекционных компонентов (Packaging).

Соединение элементов схемы производят по команде *Wire* из меню *Place*, нажатием клавиш Shift+W или нажатием на кнопку  панели инструментов. Начало проводника отмечают нажатием левой кнопки «мыши», после чего курсор приобретает вид крестика. Цепь прокладывается движениями курсора. Если нужно получить излом проводника, то в месте излома повторно нажимают левую кнопку «мыши». Ввод цепи завершается, если проводник достигает вывода компонента или любой точки другой цепи. В последнем случае точкой фиксируется соединение цепей. Принудительное завершение ввода цепи выполняется быстрым двойным нажатием левой кнопки «мыши». После этого можно вводить следующий проводник. Режим ввода цепей завершается после нажатия клавиши Esc или выбора строки *End Wire* в меню, открываемом нажатием правой кнопки «мыши». Признаком подсоединения цепи к выводу компонента является изменение его формы – пропадание квадрата на его конце. Пересекающиеся проводники не соединяются друг с другом. Чтобы обеспечить их соединение необходимо либо остановиться в точке соединения и дважды быстро нажать левую кнопку «мыши», либо в точке соединения нажать комбинацию клавиш Shift+J, либо нажать на кнопку  на панели инструментов. Для отмены электрического соединения необходимо поверх точки соединения поместить другую такую точку.

Линии групповой связи (шины) вводятся из меню *Place* по команде *Bus* (Shift+B) или нажатием на кнопку  панели инструментов. На схеме они изображаются более широкими по сравнению с проводниками линиями. Отводы отдельных цепей, наклоненные под углом 45°, вводятся из меню *Place* по команде *Bus Entry* или нажатием на кнопку  по тем же правилам, что и отдельные цепи. Можно копировать сегменты цепей, перетаскивая их при нажатой клавише Ctrl, причем исходный объект остается неизменным. Имена шин и входящих в их состав цепей назначают по команде *Net Alias* из меню *Place*. При простановке имен отдельных цепей их номера, предлагаемые в диалоговом окне команды, автоматически увеличиваются на единицу, например, ADDR1, ADDR2, ADDR3, ADDR4. Имя шины составляется из этих обозначений и записывается как ADDR[1..4].

Позиционные обозначения компонентов (Part Reference) и номера секций (Designator) указываются либо при вводе компонентов, либо при редактировании их параметров. Однако это возможно сделать автоматически по команде *Annotate* из меню *Tools* или нажатием на кнопку . В появившемся диалоговом меню следует выбрать нужные операции. Перечислим основные операции.

В поле *Scope* (Задание области):

- обновить позиционные обозначения всего проекта (Update entire design),
- обновить позиционные обозначения выбранной части (Update selection).

В поле *Action* (Действия):

– обновить с увеличением на единицу только позиционные обозначения у тех компонентов, где они не указаны, т.е. стоит знак вопроса (Incremental reference update),

– обновить позиционные обозначения и упаковочную информацию всех компонентов в выбранной области (Unconditional reference update),

– заменить номера всех компонентов на “?” (Reset part reference to “?”).

При простановке позиционных обозначений ближайшие секции многосекционных компонентов распределяются по корпусам, а позиционные обозначения компонентов проставляются в направлении слева направо и сверху вниз.

Для создания перечня элементов нужно выполнить команду *Bill of Materials* из меню *Tools*. В появившемся диалоговом окне надо:

– в разделе *Scope* (Задание области) указать для всего проекта (Process entire design) или выбранной части (Process selection) надо составить документ;

– в разделе *Line Item Definition* (Задание перечня переменных) следует указать заголовки граф документа (Header), отделяемые символами «\», и имена величин, выносимых в эти графы (Combined property string). Эти имена должны быть заключены в фигурные скобки и также должны отделяться символами «\t».

8.2. Порядок выполнения работы

На основе задания, выданного для проектирования радиопередающего устройства по курсу “Формирование и передача сигналов” и, пользуясь литературой, произвести составление общей схемы проектируемого передатчика.

8.3. Контрольные вопросы

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?

9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ SYSTEM VIEW

9.1. Краткие сведения по содержанию работы

Программа System View (ныне SystemVue) предназначена для моделирования электрических процессов в радиотехнических системах, построенных из стандартных узлов и изображенных в виде функциональных схем (рис 46).

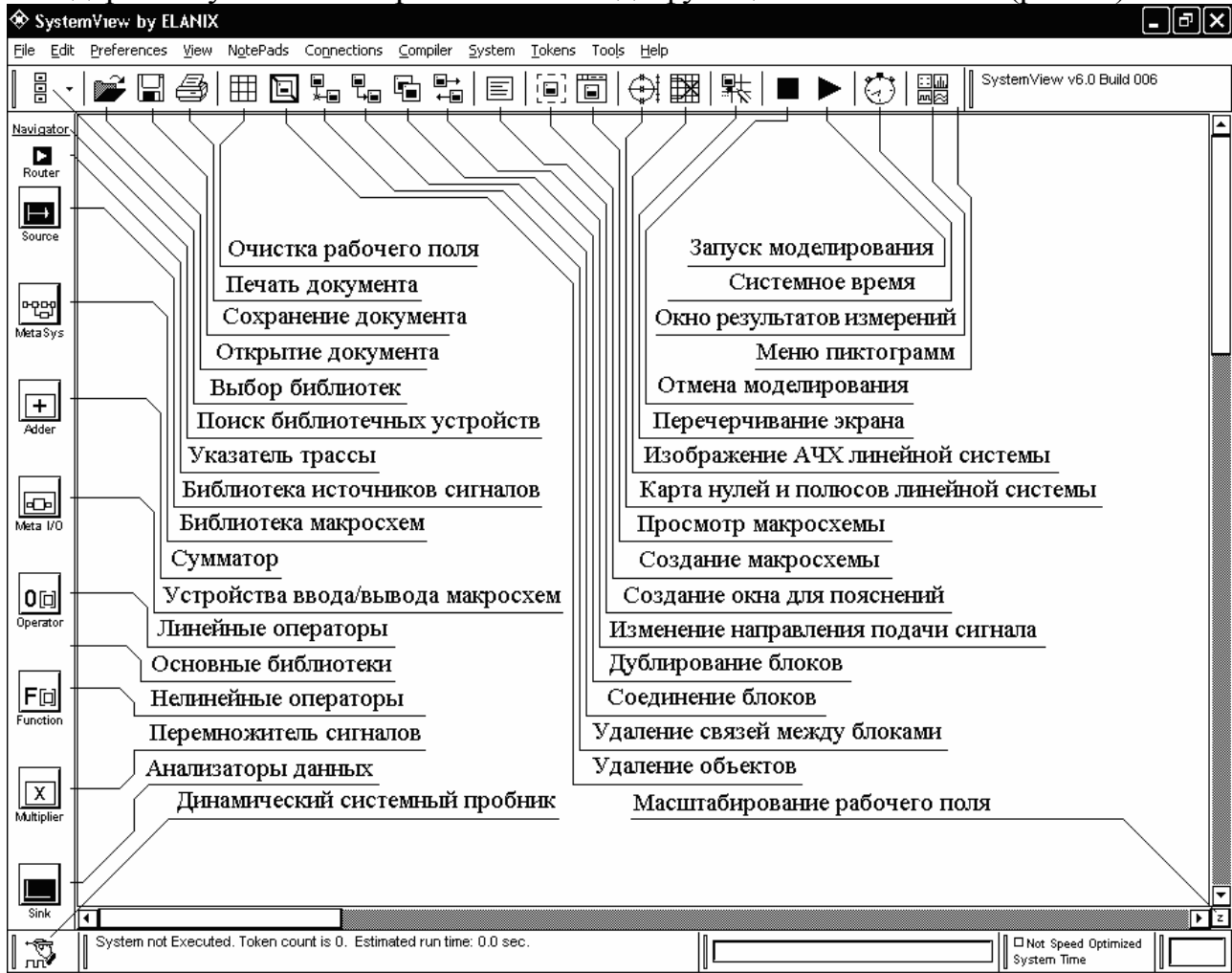


Рис. 46

Создание структурных схем в программе System View 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 *Mathlab* (*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 *System View* 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. Появится 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 Бode).

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.

Перед моделированием работы схемы 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. 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

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

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 ОК 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)).

Команда 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 выходной 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.

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.

9.2. Порядок выполнения работы

Произвести моделирование работы однополосного модулятора. Для этого запустить программу System View из меню Windows.

Для получения основных навыков работы с программой System View рассмотрим простой пример, в котором требуется сравнить два способа формиро-

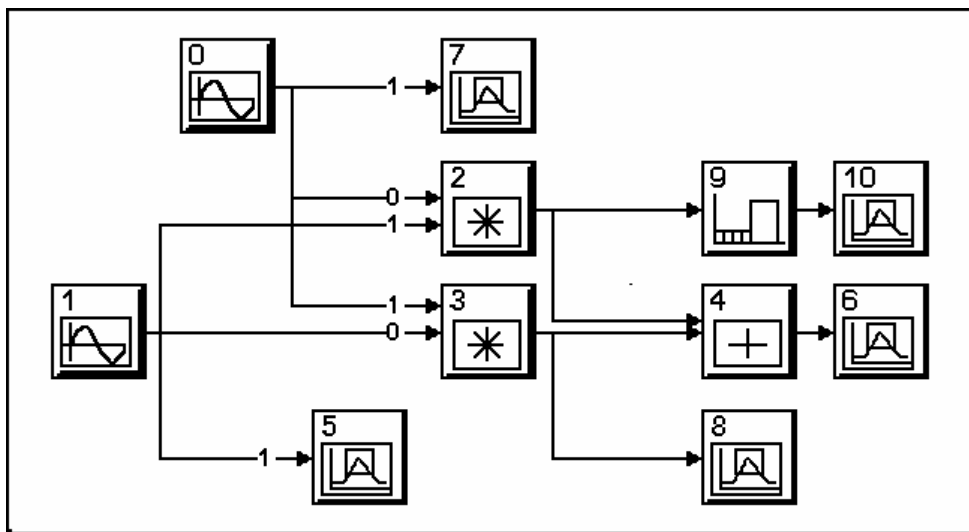


Рис. 47

вания однополосного сигнала: с использованием фазовращателей и фильтровой.

С указанной целью соберем схему, изображенную на рис. 47, и

проанализируем ее работу. Пусть требуется сформировать однополосный сигнал с верхней боковой полосой при частоте несущей в 100 кГц и модулирующем сигнале 10 кГц. Выбор частот не принципиален, но с учебными целями, для удобства анализа и наблюдения результатов, лучше не брать слишком большую разницу между ними.

Для создания схемы, выполняющей требуемые операции, следует:

1) Нажать кнопку с указанием системного времени. Задать число выборок (No samples), например, 512, частоту выборок (Sample rate), которая должна быть в несколько раз больше верхней частоты в системе, например, $4 \cdot 10^5$. На-

жать кнопку Update для расчета остальных параметров. После этого нажать кнопку с надписью ОК.

2) Перенести изображение источника сигналов из меню узлов, расположенного в левой части экрана. Для этого подвести курсор «мыши» к условному обозначению источника сигналов, нажать ее левую кнопку и, не отпуская кнопки, перенести изображение на поле чертежа. В нужном месте кнопку отпустить. Дважды быстро нажать ее. Появится библиотечное меню. Этого же можно добиться после нажатия левой кнопки и выбора опции library. В библиотечном меню нажать на условное обозначение с надписью Sinusoid/Periodic. Выбрать режим 'Sinusoid'. Нажать кнопку с надписью Parameters. В окне Frequency ввести цифру 100000. Тем самым мы задали сигнал с частотой колебаний 100 кГц. Задать амплитуду в 1 В.

Нажать кнопку Duplicate и указать на блок генератора синусоидальных сигналов, условное обозначение которого надо повторить. Войти в меню параметров, задать частоту 10 кГц и амплитуду 1 В.

3) Перенести на рабочее поле условное обозначение перемножителя, а затем продублировать его. Ввести в схему сумматор.

4) Спроектировать фильтр, необходимый для фильтрового способа формирования сигнала. С этой целью из библиотеки Operators войти в меню Linear Sys & Filters. Задать параметры высокочастотного FIR - фильтра с частотой среза 100 кГц, усилением в полосе пропускания 0 дБ и в полосе заграждения -40 дБ. Нажать кнопку Update Est и оценить порядок фильтра. Нажать кнопку Ok и наблюдать частотную характеристику фильтра. Просмотреть расположение нулей и полюсов. Снова нажать кнопку Ok.

5) Ввести в рабочее поле пять устройств графического отображения сигналов из меню Sink. В библиотеке устройств выбрать группу Analysis/Export, а из нее Analysis.

6) Соединить все блоки, пользуясь соответствующей операцией, задаваемой из верхнего меню. На верхний по схеме перемножитель должен поступать синусоидальный сигнал несущей и косинусоидальный модулирующий сигнал. На нижнем перемножителе соотношение фаз сигналов обратное. Для того, чтобы не вводить в схему фазовращатели, воспользуемся тем, что генераторы формируют как синусоидальную, так и косинусоидальную составляющие. При желании, можно ввести в схему фазовращатели и тогда использовать только по одному выходу с генераторов.

7) Запустить систему на моделирование, нажав кнопку Execute.

8) Нажать кнопку Analysis (похожа на осциллограф). После этого появятся графики с исходными колебаниями и результатами преобразования.

8) Используя Sink Calculator, для каждого из графиков выбрать FFT или Power Spectrum. Наблюдать новые графики, показывающие спектральные характеристики исследуемых сигналов. Убедиться, что линия спектра несущей находится на частоте 100 Гц, модулирующего колебания - на частоте 10 кГц, а верхняя боковая полоса однополосных модуляторов - на частоте 110 кГц. На

выходах балансных модуляторов должны присутствовать колебания с частотами 90 и 110 кГц.

9) Нажать клавишу Ctrl, затем левую кнопку «мыши» и выделить интересный участок кривой на графике. Изменится масштаб графика. Нажать кнопку Scale или z для восстановления предыдущего масштаба.

10) Вместо FIR - фильтра в окне проектирования аналоговых фильтров выбрать высокочастотный фильтр Баттерворта с частотой среза 100 кГц. Изменяя число звеньев проанализировать результат.

11) С помощью системного пробника посмотреть осциллограммы процессов в разных точках схемы.

9.3. Анализ примеров радиотехнических систем

По указанию преподавателя из директории программы examples и поддиректорий commlib, dsplib, logiclib, rflib загрузить файлы с наиболее характерными примерами радиотехнических систем и познакомиться с результатами их моделирования.

9.4. Контрольные вопросы

- 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.
- 11) Как выбрать частоту отсчетов при моделировании процессов?
- 12) Каков состав библиотек функциональных узлов в программе System View?

Литература.

1. Сафоненков Ю.П. Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2005.
2. Проектирование радиоприемных устройств. Под ред. А.П. Сиверса. – М.: Советское радио, 1976.

Содержание

1. ВВЕДЕНИЕ
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 Знакомство с пакетом прикладных программ Microsoft Office
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 Знакомство с графическими редакторами
5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 Изучение математической программы MathCAD
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 Решение практических задач в среде MathCAD
7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 Изучение программы Micro-Cap
8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 Изучение программы Multisim
9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 Изучение программы OrCad
10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 Изучение программы System View