

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»  
Кафедра автоматизации производственных процессов

## **Моделирование технических объектов**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы  
по дисциплине «Введение в моделирование технических систем»  
для студентов очной и заочной форм обучения направления  
220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Курган 2014

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Введение в моделирование технических систем»

Составитель: ст. преподаватель Е.М. Кузнецова.

Утверждены на заседании кафедры

«27» ноября 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«30» июня 2014 г.

## Содержание

1	Принципы построения моделей в среде VisSim .....	4
1.1.	Создание новой модели .....	5
1.2	Основные блоки VisSim.....	6
1.3	Вставка, настройки, соединение блоков .....	10
1.4	Понятие о принципах функционирования программы VisSim .....	14
1.5	Установка свойств моделирования .....	15
2	Принципы построения моделей в среде MultiSim .....	18
2.1.	Создание новой модели .....	18
2.2	Основные приборы MultiSim .....	20
2.3	Установка свойств моделирования .....	23
	Цель работы .....	23
	Содержание работы.....	24
	Оформление отчета .....	27
	Контрольные вопросы.....	28
	Список литературы .....	30

## 1 Принципы построения моделей в среде VisSim

Исходными данными для построения модели в VisSim являются структурно-функциональная схема моделируемой системы, процесса или объекта и описывающие их дифференциально-алгебраические уравнения. Вместо таких уравнений могут быть заданы операторы или функции, характеризующие отдельные элементы моделируемой системы, например, передаточные функции для линейных элементов и статические характеристики для нелинейных элементов.

Реальные системы и объекты состоят из отдельных, связанных и взаимодействующих друг с другом элементов. И для всей системы в целом, и для отдельных ее, должным образом выбранных элементов, можно указать место приложения воздействия, которое можно назвать входом, и место их реакции (отклика) на входное воздействие, называемое выходом. И воздействие, и реакция это некоторые физические величины, являющиеся функциями времени.

Модели систем и объектов в программе VisSim строятся из отдельных элементов – т.н. блоков. Блок это виртуальный аналог физического элемента реальной системы. «Виртуальный» в данном контексте значит воображаемый, физически не существующий, реализуемый программно, но с точки зрения человека, работающего с моделирующей программой, блок воспринимается зрением, он видим на рабочем пространстве VisSim. Термин «аналог» предполагает, что блок функционирует, он подчиняется тем же самым уравнениям, что и реальный, моделируемый элемент системы.

Виртуальные блоки VisSim могут иметь или вход, на который может быть подан выходной сигнал другого блока, или выход, виртуальный сигнал с которого может быть подан на вход другого блока. Наконец, блоки могут иметь и вход, и выход одновременно. Взаимодействие между блоками отображается т.н. линиями связи, указывающими направление передачи воздействий (сигналов) от одного блока к другому.

Взаимодействие между блоками моделируется сигналами – функциями времени, передаваемыми между блоками по линиям связи. Сигналы в модели могут быть измерены с помощью виртуальных измерительных устройств или рассмотрены и изучены с помощью виртуального осциллографа.

Внешне виртуальные блоки VisSim с некоторой степенью условности воспринимаются исследователем так же, как реальные устройства. Например, генераторы вырабатывают сигналы, блоки-преобразователи реагируют на входные сигналы в определенном смысле точно так же, как реальные устройства на реальные воздействия, индикаторы показывают величины сигналов.

Таким образом, принцип построения модели в VisSim состоит в вынесении на рабочее пространство моделей реальных элементов (блоков) и соединении их в соответствии с заранее составленной структурно-алгоритмической схемой моделируемой системы. Такое построение модели из виртуальных блоков очень похоже, с известной степенью условности, на построение реальной системы из настоящих блоков (генераторов, осциллографов, и других устройств) в производственных условиях или на лабораторном стенде.

### 1.1. Создание новой модели

Создание новой модели (диаграммы или блок-схемы) начинается с исполнения команды New (Новая) в позиции File (Файл) меню или с активизации кнопки New в панели инструментов.

VisSim обеспечивает визуально-ориентированный подход к подготовке моделей. Она напоминает сборку электрической схемы из блоков конструктора. Нужные блоки модели выделяются на панели инструментов мышью путем указания на нужную кнопку курсором мыши и фиксации выбора коротким щелчком левой клавиши мыши. Также нужный блок можно выбрать и из меню Blocks.

После этого курсор мыши переносится в окно модели и приобретает вид блока, символически изображаемого прямоугольником из пунктирных черных

линий. Он переносится мышью в нужное место экрана и фиксируется еще одним коротким щелчком левой клавиши мыши. После этого в окне подготовки модели блок принимает свой обычный вид – разный для каждого блока. Блок можно (при нажатой левой клавише мыши) перетаскивать с одного места окна в другое и точно позиционировать. Точность позиционирования обеспечивается привязкой к невидимой сетке.

Введя нужные блоки, их можно соединить опять-таки с помощью мыши.

Возможны соединения без построения всей линии достаточно пометить меткой начало соединительной линии и ее конец. Это упрощает построение сложных графических диаграмм. Процесс подготовки моделей также визуально-ориентированный, он довольно простой и наглядный.

## 1.2 Основные блоки VisSim

Блоки VisSim можно условно разделить на три основных категории и одну дополнительную:

- Блоки, имеющие только выход: генераторы.
- Блоки, имеющие вход и выход: преобразователи.
- Блоки, имеющие только вход: индикаторы.
- Блоки без входов и выходов: надписи, комментарии и др.

Важным компонентом модели является *соединительная линия* – виртуальный аналог физического соединения элементов, передающего воздействия от одного элемента к другому. Соединительные линии в VisSim однонаправленные, передают сигналы с выхода одного блока к входу другого. Поэтому при построении модели следует так разделять реальную систему на функциональные блоки, чтобы последующий блок практически не влиял на функционирование предыдущего. Например, выходное электрическое сопротивление предыдущего блока должно быть значительно меньше входного сопротивления последующего блока.

### 1.2.1 Генераторы

Генераторы это блоки, имеющие только выход. Генераторы вырабатывают изменяющиеся во времени или постоянные сигналы.

Примерами таких блоков в VisSim являются блоки (рисунок 1):

- *step* (ступенька) – генератор ступенчатой единичной функции  $1_0(t)$ ;
- *ramp* (спуск, подъем)- генератор линейно растущего сигнала  $t \cdot 1_0(t)$ ;
- *sinusoid* – генератор синусоидального сигнала  $X_m \sin(\omega t + \varphi)$  ;
- *const* – генератор постоянного сигнала, величина которого не меняется в процессе работы модели;
- *slider* (скользящий контакт, ползунок) – генератор постоянного сигнала, величину которого можно менять в процессе работы модели.

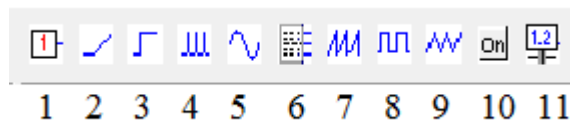


Рисунок 1 – Блоки – генераторы сигнала (Signal Producer Blocks)

1 – *const*; 2 – *ramp*; 3 – *step*; 4 – *pulse*; 5 – *sinusoid*; 6 – *import*; 7 – *saw*; 8 – *square*; 9 – *triangle*;  
10 – *button*; 11 - *slider*

### 1.2.2 Преобразователи

Преобразователи это блоки, имеющие входы и выходы (рисунок 2, 3).

Блоки-преобразователи способны воспринимать воздействия от других блоков, преобразовывать их в соответствии с определенными уравнениями или правилами и выдавать преобразованный сигнал (отклик, реакцию блока) на выход.

Важнейшие блоки для моделирования линейных систем:

- блок *transferFunction* – передаточная функция. Этот блок позволяет создавать модели как простых, так и очень сложных элементов линейных систем и систем в целом;

- *integrator* – блок интегратора, осуществляющий интегрирование входного сигнала по времени и являющийся фундаментальным кирпичиком любой модели линейной системы;
- *summingJunction* – сумматор двух и более сигналов, его выходной сигнал равен сумме входных.
- *gain* – усилитель.

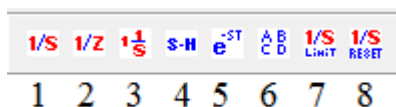


Рисунок 2 – Блоки-преобразователи (Dynamic Blocks)

1 – *integrator*; 2 – *unit delay*; 3 – *transferFunction*; 4 – *sample hold*; 5 – *continuous delay*; 6 – *state space*; 7 – *limited integrator*; 8 – *resettable integrator*

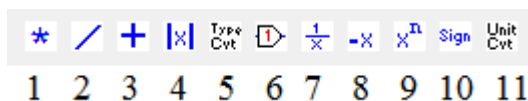


Рисунок 3 – Блоки преобразований (Arithmetic Blocks)

1 – *multiply*; 2 – *divide*; 3 – *summingJunction*; 4 – *abs*; 5 – *convert*; 6 – *gain*; 7 – *inverse*; 8 – *negate*; 9 – *power*; 10 – *sign*; 11 – *unit conversion*

### 1.2.3 Индикаторы

Индикаторы это блоки, имеющие только вход.

Индикаторы программы VisSim предназначены для отображения сигналов в форме удобной и привычной для исследователя (рисунок 4).

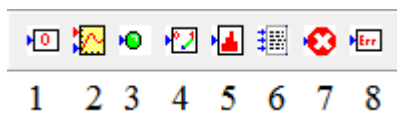


Рисунок 4 – Блоки индикаторы (Signal Consumer Blocks)

1 – *display*; 2 – *2D plot*; 3 – *light*; 4 – *meter*; 5 – *histogram*; 6 – *export*; 7 – *stop*; 8 – *error*

Важнейшими индикаторами являются блоки:

- осциллограф – *plot*;
- цифровой индикатор – *display*.



*Виртуальный осциллограф (plot)* VisSim'a представляет собой окно, похожее на экран осциллографа, в котором изображается зависимость наблюдаемых сигналов от времени (рис. 1.10). На боковой стороне осциллографа помещены условные изображения входов, к которым могут быть подключены выходы других блоков диаграммы для наблюдения поведения их сигналов в зависимости от времени.

*Цифровой индикатор (display)* VisSim'a – выводит, показывает в цифровом виде значение сигнала на выходе того блока, к которому он подключен. Этот прибор используется для измерения постоянных величин.

#### 1.2.4 Надписи и комментарии

Надписи это блоки без входов и выходов (рисунок 5).

Эти блоки позволяют создавать на рабочем пространстве диаграммы VisSim текстовые области, которые помогают понять смысл диаграммы и содержат сведения о том, кто, когда и какую диаграмму создал. Хорошим тоном считается размещать надписи (*label*) и комментарии (*comment*) при создании модели. Удобной альтернативой для передачи сигналов может являться возможность использования определяемых пользователем переменных (*variable*). Этот механизм подобен использованию символа заземления в схемах электрических принципиальных и его главное достоинство аналогично – повышение наглядности блок-схемы за счет сокращения загромождающих ее проводниковых связей.



Рисунок 5 – Блоки надписи (Annotation Blocks)

1 – *label*; 2 – *scalar to vector*; 3 – *vector to scalar*; 4 – *comment*; 5 – *variable*; 6 – *wire positioner*;  
7 – *date*; 8 – *bezel*

## 1.3 Вставка, настройки, соединение блоков

### 1.3.1 Вставка блоков

Установить блок на рабочее поле можно двумя способами:

- Все блоки можно найти в одноименном меню. Оно систематизировано по категориям в группы, названия которых отмечены черным треугольником. При выборе меню Блоки, появляется список групп. Выбор желаемой, сопровождается появлением подменю со списком соответствующих блоков. Необходимо отметить желаемый блок. Он прицепится к указателю мышки в виде рамки. Затем его нужно переместить в желаемое место блок-схемы и повторно щелкнуть мышкой (блок будет установлен).

- Нажать на кнопку необходимого блока в инструментальной панели. Блок прицепится к указателю мышки в виде рамки. Переместить его в желаемое место рабочей области и повторно щелкнуть мышкой (блок будет установлен).

Следует обратить внимание, что инструментальные панели с кнопками, которые устанавливают блоки, могут быть не включены. Для их отображения необходимо выбрать команду меню Вид > Панель инструментов.

### 1.3.2 Соединение блоков – обзор

Соединение блоков проводниками указывает программе в какой последовательности и какому блоку передать сигналы для обработки в течение симуляции модели. Сигналы – это просто данные (значения координат модели). К входным сигналам ( $x_n$ ) относятся те, что поступают на входы блоков; выходные сигналы ( $y_n$ ) присутствуют на их выходах.

В VisSim имеется два типа проводов:

- простой проводник
- шинный проводник

Простой проводник (FlexWire) – это тонкий провод, который позволяет передать только один сигнал (координату) между блоками. Шинный проводник, на экране более толстый он содержит множество простых

проводников и позволяет передавать совокупность сигналов. Шинные проводники используются при выполнении векторных или матричных операций, или же в целях повышения наглядности проекта (не загромождения блок-схемы на верхнем уровне).

Собрать одиночные проводники в шину и вывести их из нее можно при помощи парных блоков `scalarToVec` и `vecToScalar` соответственно.

### 1.3.3 Правила соединения блоков проводниками

При соединении блоков действуют следующие правила:

- Соединить можно только пару – вход и выход.
- К любому входу можно подключить только один проводник (сигнал).
- К любому выходу можно подключить множество входов (проводников).
- VisSim автоматически располагает провода по кратчайшему пути.

Треугольная форма оформления выводов, указывающая направление прохождения сигналов, позволяет легко отличать входы от выходов. Применяя блок «фиксаторПровода» (`wire positioner`), можно задать необходимое пользователю положение проводника на блок-схеме, повышая таким образом наглядность блок-схемы, качественно размещая проводники на блок-схеме. Типовой случай – передача сигнала единичной обратной связи (ОС) на вход чувствительного элемента (на главный сумматор). Меняя положение блока «фиксаторПровода» определяется положение проводника.

Блок «фиксаторПровода» не выполняет преобразований сигналов и не требует дополнительного времени при симуляции модели. Через блоки «фиксаторПровода» могут быть направлены как обычные проводники, так и шины.

Для соединения блоков нужно выполнить следующие действия:

- 1) Подведите указатель мыши к выводу блока (желательно к выходу), который хотите соединить с другим выводом. Вид указателя должен смениться на стрелку ↑.
- 2) Удерживая кнопку мыши, перетащите указатель с проводником к выводу блока назначения.

- 3) Находясь в области подключаемого вывода, отпустите клавишу мыши.
- 4) В момент выполнения операции, когда указатель перемещается, VisSim генерирует мерцающую линию, которая является проводником. VisSim рисует проводники только под прямыми углами, поэтому проводник не повторяет путь курсора.

Для облегчения процесса соединения блоков проводниками определен радиус зоны с центром на выводах блоков. При доведении проводника до этой зоны происходит подключение. Если зоны входов и выходов перекрываются, то для их соединения достаточно просто указать мышкой любой из выводов.

Для коррекции "Радиуса авто-соединения" выполните действия:

- 1) Выберите команду меню Правка > Настройки.
- 2) В диалоговом окне выберите вкладку "Глобальные настройки среды".
- 3) В строке ввода "Радиус авто-соединения", введите значение в дюймах.
- 4) Нажмите на кнопку ОК или клавишу ENTER.

Для изменения цветовой раскраски всех проводников блок-схемы выполните действия:

- 1) Выберите команду меню Вид > Цвет.
- 2) В диалоговом окне "Выбор цвета" в выпадающем меню "Линии связи" нажмите кнопку СТРЕЛКА ВНИЗ.
- 3) Выберите желаемый цвет.
- 4) Нажмите на кнопку ОК или клавишу ENTER.

Для удаления проводника необходимо отделить его от входа блока, к которому он подключен:

#### 1.3.4 Копирование блоков в другое приложение

Для копирования рисунка блок-схемы в другие Windows-приложения можно использовать команду меню Правка > Копировать. Элементы окна, меню, полосы прокрутки, инструментальные панели и строка статуса копироваться в Буфер обмена не будут.

Альтернативно можно полностью копировать содержимое экрана в Буфер обмена с помощью клавиши PRINT SCRN на клавиатуре.

Для вставки изображения в другое Windows-приложение необходимо использовать его собственную команду вставки.

### 1.3.5 Зеркальное отображение блоков

Иногда, более логично изображение блока, у которого поменяны входы с выходами (блок развернут на  $180^\circ$  по горизонтали). Например, это необходимо для отображения цепей обратной связи. VisSim предоставляет подобную возможность, при этом автоматически перерисовывает проводники.

Для обмена положений входов с выходами (зеркального отображения блока) выполните действия:

- 1) Выделите блок или группу блоков.
- 2) Выберите команду меню Правка > Развернуть блок. Либо нажмите на клавиатуре клавиши CTRL и стрелку влево.
- 3) Щелкните кнопкой мыши на пустом месте рабочего поля для сброса выделения.


### 1.3.6 Выравнивание блоков по вертикали и горизонтали

Позиционирование блоков на рабочем поле может выполняться с привязкой к сетке. При этом блоки легко устанавливать на одной линии по горизонтали или вертикали. Для этого надо активизировать одноименную опцию. Если часть блоков была установлена на рабочем поле до активизации опции, то после этого события их координаты необратимо подгоняются к ближайшим узлам сетки.

Для четкого позиционирования блоков в узлах сетки выполните действия:

- 1) Выберите команду меню Правка > Настройки.
- 2) В диалоговом окне выберите вкладку "Глобальные настройки среды".
- 3) Активизируйте опцию "Привязка к сетке".
- 4) Нажмите на кнопку ОК или клавишу ENTER.

## 1.4 Понятие о принципах функционирования программы VisSim

После того, как модель построена, когда на рабочее пространство вынесены и соединены в нужном порядке блоки, составляющие систему, генераторы сигналов и индикаторы, а также введены параметры элементов модели, может быть запущен процесс ее функционирования. Для этого следует щелкнуть по кнопке с зеленым треугольником  "Пуск".

Получив эту команду, программа начинает анализировать то, как соединены блоки, на основе этого анализа составляет дифференциально-алгебраические уравнения, описывающие модель и решает их. Полученные результаты, как функции модельного времени, придают значениям входных и выходных сигналов блоков.

Дифференциально-алгебраические уравнения математически описывают динамические объекты, то есть объекты очень широкого класса, обладающие инерционностью и рядом других свойств. И поскольку программа VisSim способна решать такие уравнения, то в ней можно моделировать системы и объекты очень широкого диапазона сложности.

Решение уравнений проводится по шагам – дается малое приращение времени, вычисляются, с учетом начальных условий, значения сигналов на выходах и входах всех блоков, затем вновь дается малое приращение времени, проводятся вычисления и т.д. Малая величина шага интегрирования позволяет исследователю воспринимать сигналы как непрерывные. Выходные сигналы любого блока при желании можно наблюдать на экране виртуального осциллографа или измерять виртуальным цифровым индикатором. В результате решения можно получить зависимости выходных сигналов от времени. Таким образом, работа по моделированию систем в программе VisSim для исследователя похожа на работу на реальном стенде.

## 1.5 Установка свойств моделирования

### 1.5.1 Установка диапазона симуляции

Для установки диапазона симуляции в VisSim необходимо задать ряд параметров и выбрать необходимый режим симуляции:

- начальное время симуляции движения;
- конечное время симуляции движения;
- размер шага симуляции, или частоту;
- режим расчетов в реальном времени или свободный (с максимальной производительностью компьютера);
- разовый запуск или режим автоматического перезапуска модели (с или без установки начальных условий).

Для установки диапазона симуляции выполните действия:

- 1) Выберите команду меню Симуляция (*System*) > Настройки симуляции (*System Properties*).
- 2) В диалоговом окне «Настройки симуляции» выберите вкладку «Диапазон» (*Range*).
- 3) Введите необходимые данные и установите требуемые опции.
- 4) Нажмите на кнопку ОК или клавишу ENTER.

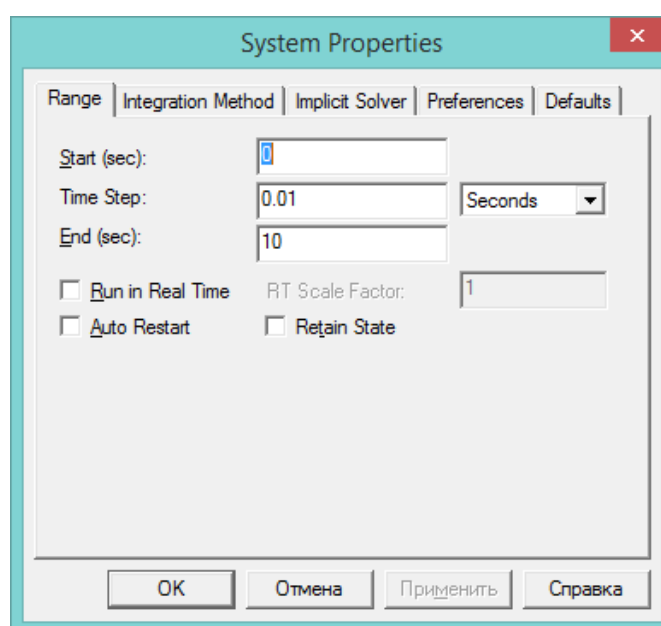


Рисунок 6 – Окно настройки симуляции

## 1.5.2 Назначение метода интегрирования

Назначение метода интегрирования означает, что для расчетов ко всем интеграторам блок-схемы (1/S) подключается указанный алгоритм. Если выбран адаптивный алгоритм, то дополнительно необходимо определить минимальный размер шага, допуск ошибки и количество возможных итераций.

VisSim имеет семь алгоритмов интегрирования различной точности для численного решения (интегрирования) дифференциальных уравнений: Эйлера, Трапецеидальный, Рунге-Кутта 2-ого порядка, Рунге-Кутта 4-ого порядка, Адаптивный Рунге-Кутта 5-ого порядка, Адаптивный Булирша-Стоера и Обратный Эйлера (жесткий).

Каждый алгоритм является численным приближением к идеализированному, непрерывному интегрированию. По сути, приближение базируется на балансе между скоростью выполнения и точностью. В целом, более сложные алгоритмы более устойчивы и численно более точны; однако, требуют больших вычислительных ресурсов.

Хорошее правило выбора метода интегрирования состоит в том, чтобы использовать наименее сложный алгоритм, который обеспечивает устойчивые и правильные результаты. Чтобы следовать ему можно, первый запуск модели выполнить с более сложным алгоритмом, а за тем, последовательно перебрать более простые, используя в качестве критерия заметные глазу изменения в результатах. Тот же критерий можно использовать при увеличении шага симуляции.

## 1.5.3 Установки на вкладке «Методы интегрирования»

Для назначения метода интегрирования выполните действия:

- 1) Выберите команду меню Симуляция > Настройки симуляции.
- 2) В диалоговом окне «Настройки симуляции» выберите вкладку «Методы интегрирования» (*Integration Method*).
- 3) Выберите метод и (при необходимости) задайте параметры.



4) Нажмите на кнопку ОК или клавишу ENTER.

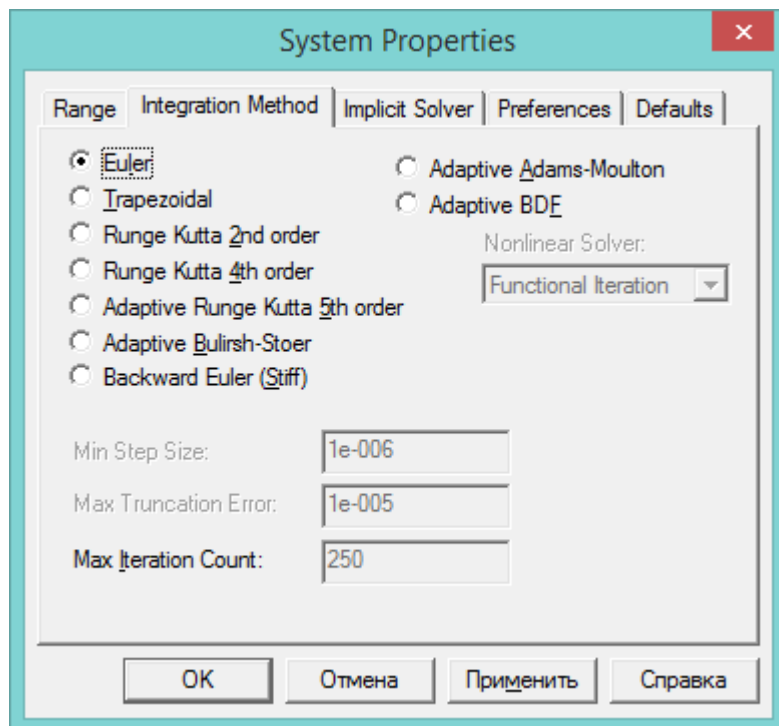


Рисунок 7 – Окно выбора метода интегрирования

#### 1.5.4 Настройки симуляции по умолчанию

Вы можете определить назначаемые по умолчанию настройки симуляции при запуске VisSim-а или при создании новой блок-схемы. К ним относятся: метод интегрирования, диапазон, размер шага симуляции и максимальное число точек в следах лучей приборов.

Для задания значений по умолчанию в настройках симуляции выполните действия:

- 1) Выберите команду меню Симуляция > Настройки симуляции.
- 2) В диалоговом окне «Настройки симуляции» выберите вкладку «Предустановки» (*Default*).
- 3) Назначьте значения по умолчанию.
- 4) Нажмите на кнопку ОК или клавишу ENTER.

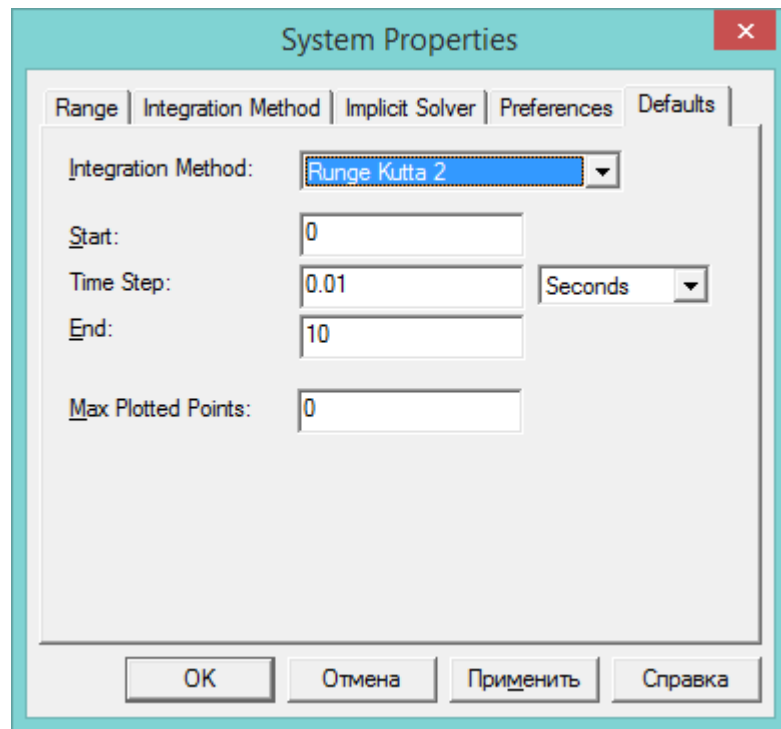


Рисунок 8 – Окно настроек симуляции по умолчанию

## 2 Принципы построения моделей в среде MultiSim

Исходными данными для построения модели в MultiSim является структурно-функциональная схема моделируемой системы, процесса или объекта, аналогичная реальным электрическим схемам.

Модели систем и объектов в программе MultiSim строятся из отдельных элементов. Взаимодействие между элементами отображается линиями связи, передающих воздействия (сигналы) от одного элемента к другому.

Таким образом, принцип построения модели в MultiSim состоит в вынесении на рабочее пространство моделей реальных элементов и соединении их в соответствии с заранее составленной электрической схемой моделируемой системы.

### 2.1. Создание новой модели

Проводник компонентов (*Component Browser*) – это место, где собираются компоненты, чтобы разместить их на схеме.

После выбора компонентов из базы данных они размещаются на схеме и соединяются между собой. Двойной щелчок по компоненту в проводнике

прикрепит его к курсору. После этого можно поместить элемент на схему, просто нажав на правую кнопку мыши.

В это время и после установки компоненты можно повернуть. Чтобы это сделать в первом случае необходимо нажать Ctrl+R. Чтобы повернуть установленный компонент, нужно выделить его и тоже нажать Ctrl+R или выбрать в контекстном пункте «повернуть на 90°» по или против часовой стрелки.

Чтобы выбрать элемент, просто нужно щелкнуть по нему мышью. Для выбора нескольких компонентов зажать кнопку мыши и перемещать ее, рисуя прямоугольник вокруг нужных компонентов. Выбранные элементы обозначаются пунктирной линией. Клавиша Shift позволяет добавлять или снимать выделение с нескольких компонентов.

Необходимо отметить, что изменить параметры компонентов схемы возможно и путем двойного щелчка левой кнопки мыши на выбранный элемент схемы. При этом открываются закладки, в которых необходимо внести соответствующие изменения.

Чтобы начать вести соединяющий провод нажать кнопку мыши на разъеме и завершить соединение, нажав кнопку мыши на конечном терминале.

После расстановки элементов в соответствии с предполагаемой конфигурацией модели, для их соединения между собой необходимо, поставив метку на один из зажимов элемента мышкой с нажатой левой кнопкой, отпустить ее и затем, подведя метку к зажиму другого элемента снова щелкнуть левой кнопкой.

После соединения элементов проводится установка их параметров. Эта установка может производиться двумя способами:

- элемент с необходимыми параметрами выбирается в группе *Basic* перед переносом его на поле;

- после установки на поле двойным щелчком левой кнопки мыши на элементе вызывается окно установки параметров элемента. После впечатывания в соответствующие строки окна необходимых параметров, нужно нажать в окне клавишу ОК. При установке параметров необходимо иметь в виду, что режим *АС* измерительных устройств означает измерение

действующего значения переменной составляющей сигнала, а режим *DC* – среднее значение его (постоянную составляющую). При использовании осциллографа на его входах режим *DC* означает осциллографирование переменного сигнала и постоянной составляющей, а в режиме *AC* постоянная составляющая на входной каскад усилителя не пропускается.

Вольтметры в группе *Indicators* имеют большое сопротивление (10 МОм), что вполне достаточно в большинстве случаев. Амперметры имеют очень малое сопротивление (1 нОм). Поэтому без особой необходимости перестраивать их внутреннее сопротивление не нужно.

Для удаления ненужного элемента или ошибочного соединения из рабочего поля необходимо, установив курсор на удаляемом элементе или соединении, щелкнуть левой кнопкой мыши и затем, после выделения элемента, нажать кнопку *Delete*. Вся схема удаляется полным ее выделением с последующей операцией *Delete*.

Включение и выключение моделируемой цепи наиболее наглядно и просто производится с помощью виртуальных тумблеров в строке над рабочим экраном.

## 2.2 Основные приборы MultiSim

### *Мультиметр*

Мультиметр (рисунок 9) предназначен для измерения переменного или постоянного тока или напряжения, сопротивления или затухания между двумя узлами схемы. Диапазон измерения мультиметра подбирается автоматически.

Его внутреннее сопротивление и ток близки к идеальным значениям, но их можно изменить.

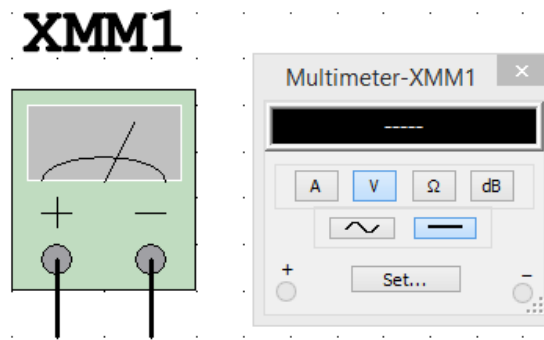


Рисунок 9 – Символ и лицевая панель мультиметра

### Генератор сигналов

Генератор сигналов (*function generator*) – это источник напряжения, который может генерировать синусоидальные, пилообразные прямоугольные импульсы. Можно изменить форму сигнала, его частоту, амплитуду, коэффициент заполнения и постоянный сдвиг. Диапазон генератора достаточен, чтобы воспроизвести сигналы с частотами от нескольких Герц до Меггерц.

У генератора сигналов (рисунок 10) есть три источника сигналов. Общий центральный вывод определяет положение нуля.

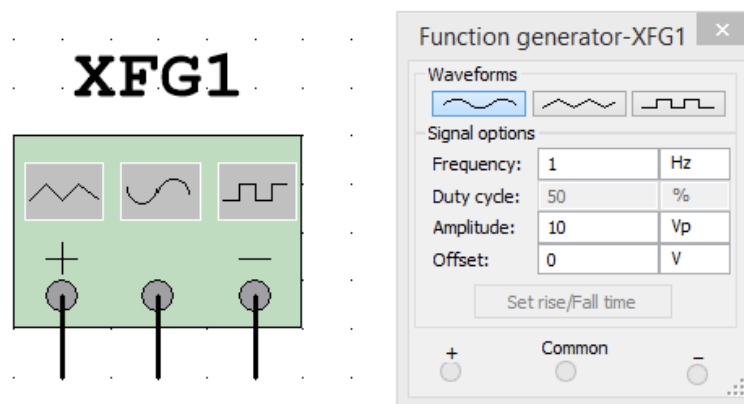


Рисунок 10 – Символ и лицевая панель генератора сигналов

### Осциллографы

В Multisim есть несколько модификаций осциллографов, которыми можно управлять как настоящими. Они позволяют устанавливать параметры развертки и напряжения, выбирать тип и уровень запуска измерений.

Чаще всего учебных занятиях используется двухканальный осциллограф.

Из рисунка 11 видно, что с помощью меток 1 и 2 возможно измерять амплитудные значения и временные интервалы.

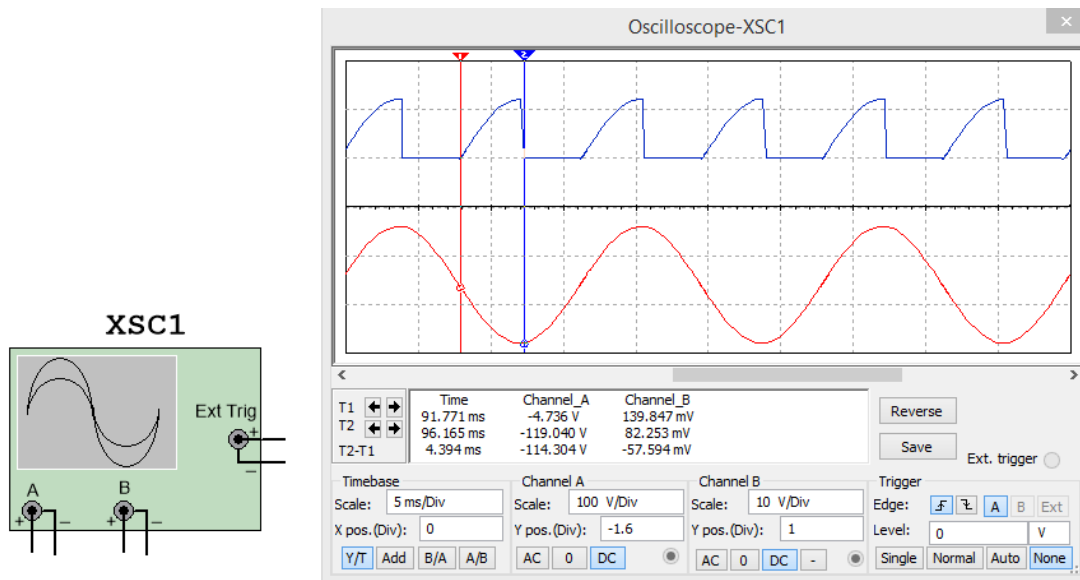


Рисунок 11 – Символ и лицевая панель двухканального осциллографа  
*Плоттер Бодэ*

Плоттер Бодэ (рисунок 12) отображает относительный амплитудный и фазовый отклик выходного и входного сигналов. Это особенно удобно при анализе свойств полосовых фильтров.

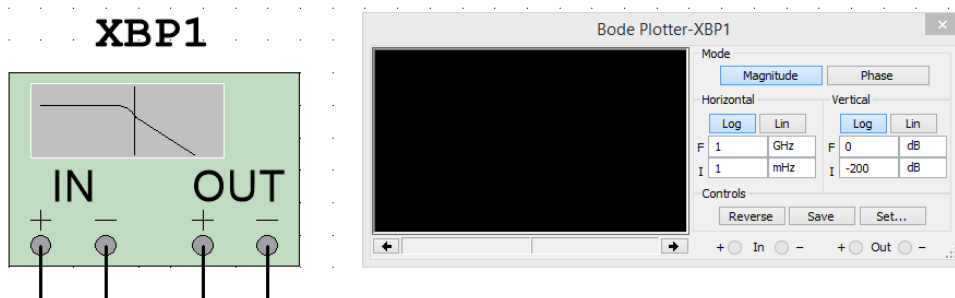


Рисунок 12 – Символ и лицевая панель плоттера Бодэ

*Анализатор спектра*

Спектральный анализатор (Spectrum analyzer) для измерения спектра амплитуд гармоник с заданной частотой (рисунок 13).

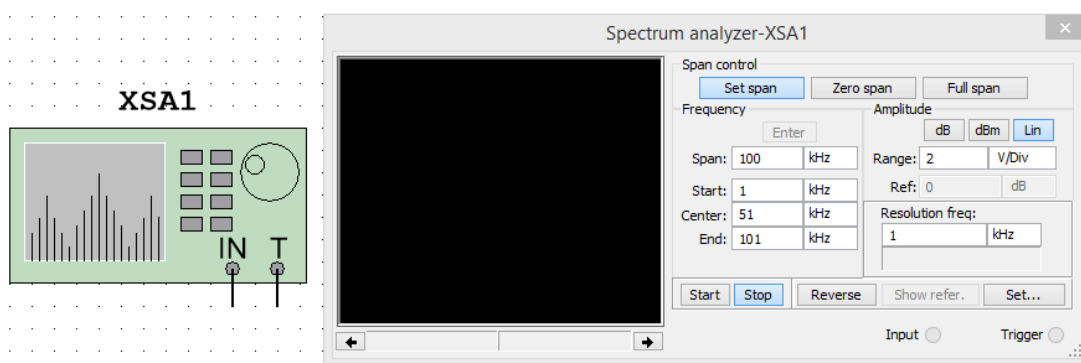


Рисунок 13 – Символ и лицевая панель анализатора спектра

В Multisim входит множество средств анализа данных моделирования. Чтобы начать анализ, выберите пункт меню «Моделирование/Анализ» (Simulate/Analysts) и выберите нужную функцию.

Чаще всего используются следующие основные виды анализа:

- Simulate/Analysis/AC Freguency – построение амплитудно-частотной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристик цепи;
- Simulate/ Analysis/Parameter Sweep – многократный анализ при построении частотных характеристик и при расчете импульсных характеристик;
- Simulate /Analysis/Fourier – при построении спектральных характеристик сигналов на входе и выходе исследуемой цепи.

Перед началом анализа следует задать условия анализа.

## 2.3 Установка свойств моделирования

### Настройки листа

Диалоговое окно настройки свойства листа (Sheet Properties) используется для изменения свойств каждого листа. Эти свойства сохраняются с файлом схемы.

Настройки листа сгруппированы в следующие закладки:

Circuit (Схема) – здесь Вы можете выбрать цветовую схему и внешний вид текста рабочей области.

Workspace (Рабочая область) – здесь Вы можете настроить размер листа и его свойства.

Wring (Соединение) – здесь находятся настройки соединений и шины.

### Цель работы

Исследование взаимосвязей между параметрами типовых динамических звеньев и их характеристиками. Идентификация реальных технических устройств — схем на операционных усилителях с типовыми звеньями (т.е. с математическим описанием). Приобретение навыков использования типовых

возмущающих воздействий и инструментов частотного анализа для исследования систем.

### Содержание работы

- 1) Составить уравнения и вывести передаточные функции  $W(p)$  для всех блоков (рисунок 14). Структурные схемы блоков приведены на рисунках 15, 16, 17, 18, 19 и 20. Сравнить полученные передаточные функции с типовыми, идентифицировать блоки по названиям.

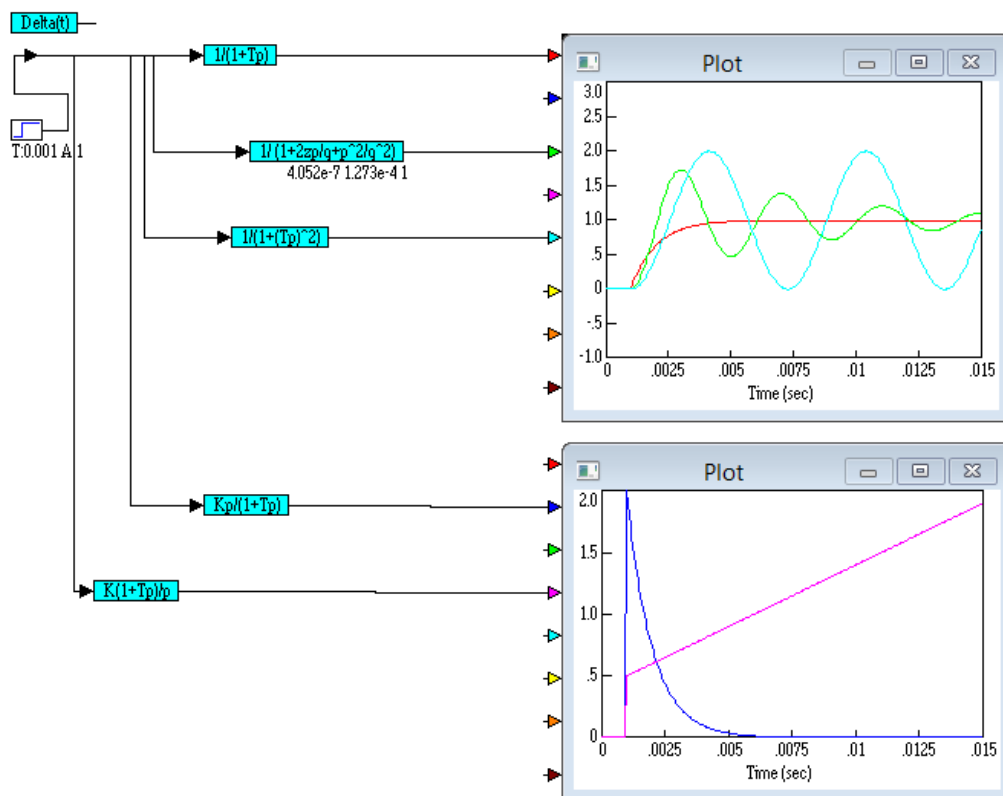


Рисунок 14 – Переходные функции типовых динамических звеньев

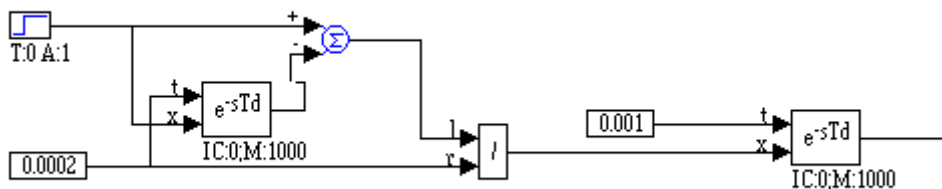


Рисунок 15 – Дельта функция (приближенная):  
амплитуда — 5000 единиц, задержка формирования — 0,001 с



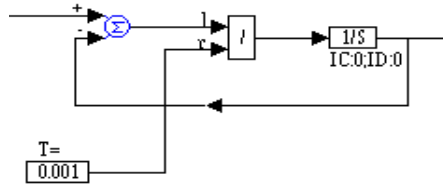


Рисунок 15 – Аперидическое звено первого порядка

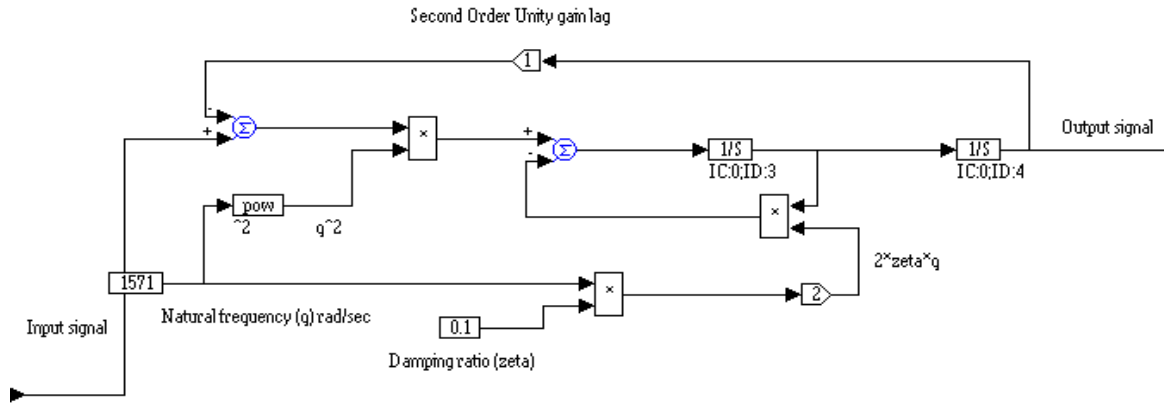


Рисунок 16 – Колебательное звено

Угловая частота свободных колебаний  $q$  — 1571 рад/с; параметр затухания  $\zeta$  — 0,1

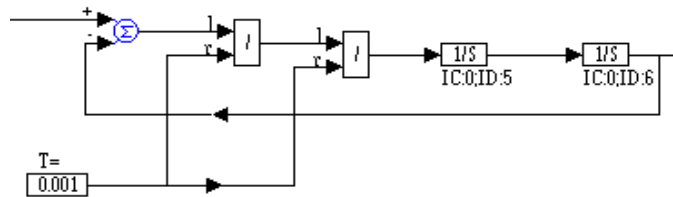


Рисунок 17 – Консервативное звено

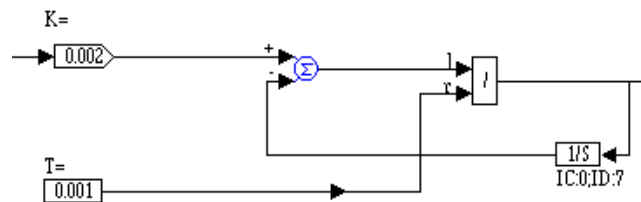


Рисунок 18 – Дифференцирующее звено с замедлением

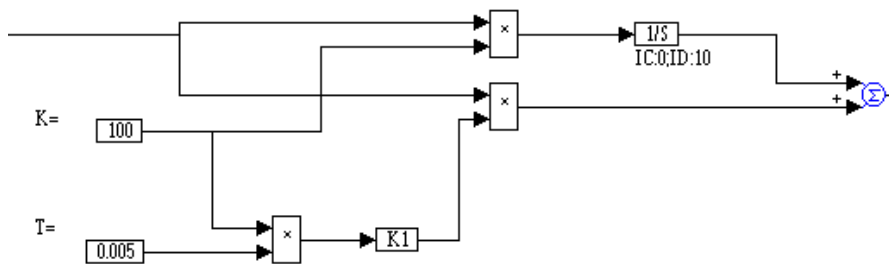
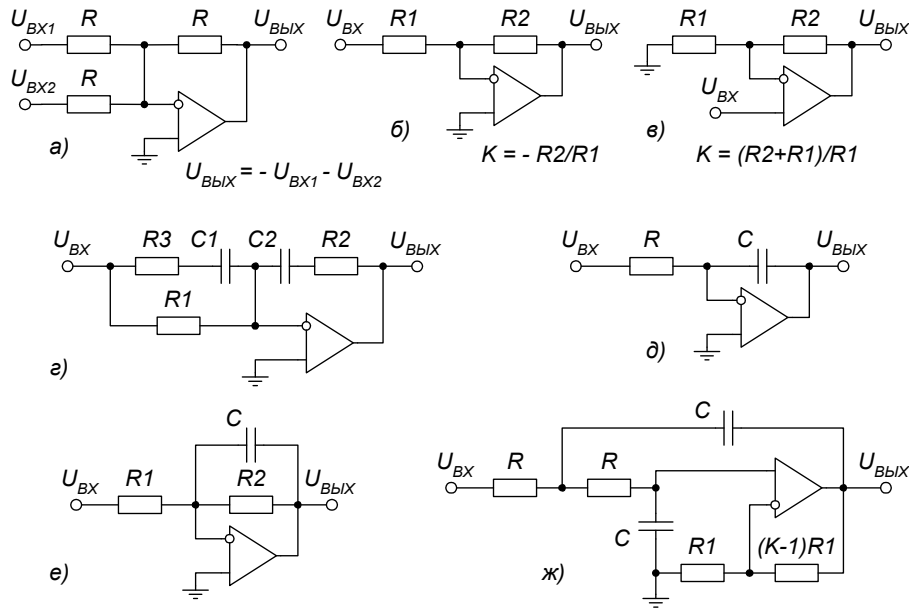


Рисунок 19 – Изодромный блок

2) Кратко описать назначение и принцип действия электронных схем

приведенных на рисунке 20 д, е, ж.



Передаточные функции, соответствующие схемам:

$$г) W(p) = -\frac{R2 + 1/(C2p)}{R1 \parallel [R3 + 1/(C1p)]} \approx -\frac{R2}{R1} \cdot \left[ 1 + R1C1p + \frac{1}{R2C2p} \right] = -K \cdot \left[ 1 + T_D p + \frac{1}{T_I p} \right],$$

$$д) W(p) = -\frac{1/(Cp)}{R} = -\frac{1}{RCp} = -\frac{1}{T_I p} = -\frac{K_I}{p}, \quad е) W(p) = -\frac{R2 \parallel 1/(Cp)}{R1} = -\frac{R2/R1}{1 + R2Cp} = -\frac{K}{1 + T_p p},$$

$$ж) W(p) = \frac{K}{1 + (3 - K)RCp + (RC)^2 p^2} = \frac{K}{1 + 2\zeta T_p p + T^2 p^2}.$$

Рисунок 20 – Электронные схемы на ОУ описываемые типовыми динамическими звеньями

а) сумматор, б) инвертирующий усилитель, в) неинвертирующий усилитель, г) ПИД-регулятор, д) интегратор, е) апериодическое звено первого порядка, ж) колебательное звено. Важнейшие ограничения моделей на ОУ: 1) ОУ имеет частотную характеристику подобную апериодическому звену, 2) диапазон изменений координат в схемах на ОУ ограничен значениями  $\pm 20$  В

- 3) В программе VisSim ознакомиться с моделями единичной ступенчатой функции —  $1(t)$  и дельта-функции —  $1'(t)$ . Выявить положенные допущения (неидеальности) в моделях.
- 4) В программе VisSim выполнить исследование типовых динамических звеньев («Методические указания к моделированию и рекомендации к содержанию отчета»). По ходу работы необходимо изменить постоянные времени, коэффициенты затухания и усиления по своему усмотрению.

- 5) Выполнить измерения виртуальными приборами (анализатор, осциллограф) в схемах на операционных усилителях (в среде программы MultiSim) с целью идентификации моделей с типовыми динамическими звеньями. Настроить схемы по совпадению вида ЛАЧХ & ЛФЧХ, а так же реакций подобных переходной функции и функции веса. Допустимо несовпадение только коэффициентов усиления.
- 6) Подавая на вход типовых динамических звеньев синусоидальный сигнал, убедиться, что изменение коэффициента усиления вне полосы пропускания за одну декаду составляет либо 20 дБ (10 раз), либо 40 дБ (100 раз).

### Оформление отчета

- 1) Привести названия и графики использованных типовых возмущающих воздействий. Описать изменения в реакции типовых звеньев на варьирование параметров воздействий.
- 2) Для каждого звена привести: а) название звена; б) структурную схему (подписав входную величину, выходную, сигнал ошибки и обратной связи); в) вывод передаточной функции (подставить коэффициенты усиления и постоянные времени; проверить соответствие с линеаризованной передаточной функцией, которую рассчитывает программа VisSim (Analyze, Transfer Function Info); записать координаты корней и полюсов функции); г) список параметров с описанием характера влияния (на ЛАЧХ & ЛФЧХ, переходные процессы, ...); д) переходную функцию; е) функцию веса; ж) ЛАЧХ & ЛФЧХ (определить достигает ли фаза значения  $-180$  градусов в диапазоне частот и если да, то имеет ли звено на данной частоте коэффициент усиления больший единицы); з) диаграмму Найквиста (определить охватывает ли АФХ точку  $(-1, j0)$ ; отметить траектории для положительных и отрицательных частот; точки, в которых частота стремится к нулю и к бесконечности); и) корневой годограф (определить имеются ли нулевой, положительные, или чисто мнимые корни; если есть парные корни с мнимой частью, то по мнимой

части определить собственную частоту колебаний звена и сравнить с колебаниями переходной функции или функции веса, сделать вывод об устойчивости звеньев).

- 3) Указать на идеальности, присущие свойствам, которыми обладают реальные дифференцирующие устройства и их компьютерные дискретные модели. Пояснить причину идеальности в дискретных моделях.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключаются принципы построения моделей в среде VisSim?
2. Перечислите основные блоки VisSim. Почему они являются виртуальными аналогами реальных устройств и приборов?
3. В чем состоят принципы управления моделью и получения результатов моделирования в среде VisSim'a?
4. В чем заключаются принципы функционирования программы VisSim?
5. Как создать надпись на рабочем пространстве?
6. Как вынести на рабочее пространство VisSim'a генератор синусоиды? Как и какие параметры синусоиды можно изменить?
7. Как соединять и разъединять блоки?
8. Порядок вынесения и использования осциллографа. Как и какие настройки его можно менять? Как увеличить размер окна осциллографа на весь экран?
9. Как записать значения изображенной на осциллографе функции в файл?
10. Что такое meter и slider в VisSim?
11. Как изменить время симуляции, т.е. время, в течение которого работает модель?
12. Как изменить шаг интегрирования Step Size?
13. Как изменить количество точек на экране осциллографа?
14. В чем заключаются принципы построения моделей в среде MultiSim?
15. Перечислите основные блоки MultiSim.

16. В чем состоят принципы управления моделью и получения результатов моделирования в среде MultiSim?
17. Как вынести на рабочее пространство MultiSim элементы схемы?
18. Как соединять и разъединять элементы?
19. Порядок вынесения и использования осциллографа. Как и какие настройки его можно менять? Как увеличить размер окна осциллографа на весь экран?

## Список литературы

1. Советов Б.Я., Моделирование систем: Практикум: Учебное пособие для вузов – М.:Высшая школа, 2005
2. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -4-е изд. – СПб, Изд-во «Профессия», 2003
3. Клиначёв Н.В., Теория систем автоматического регулирования: Учебно-методический комплекс, 2005
4. Дьяконов В.П. VisSim+MathCAD+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.
5. Введение в Multisim. National Instruments. Электронный документ.

Кузнецова Елена Михайловна

## **Моделирование технических объектов**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы  
по дисциплине «Введение в моделирование технических систем»  
для студентов очной и заочной форм обучения направления  
220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»

---

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,0	Уч.-изд. л. 2,0
Заказ	Тираж 50	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.