

Министерство образования и науки Украины  
Донбасская Государственная Машиностроительная Академия

## **Методические указания**

К использованию пакета **Matlab+Simulink** в курсах изучения дисциплин, предусматривающих моделирование динамических систем с помощью ЭВМ



Министерство образования и науки Украины  
Донбасская Государственная Машиностроительная Академия

## **Методические указания**

К использованию пакета **Matlab+Simulink** в курсах изучения дисциплин, предусматривающих моделирование динамических систем с помощью ЭВМ

Утверждено  
на заседании кафедры  
электротехники и  
электрооборудования  
Протокол № \_\_ от \_\_. \_\_. 2004

Краматорск 2004



## Введение

Система Matlab (матричная лаборатория) была создана специалистами фирмы Math Works как язык программирования высокого уровня для технических вычислений. Она вобрала в себя не только передовой опыт развития и современной компьютерной реализации численных методов за последние три-четыре десятилетия, но и весь опыт становления математики за всю историю человечества. Особенно тщательно в Matlab проработаны алгоритмы матричных операций, лежащие в основе большинства средств моделирования сложных систем.

Одним из самых важных и по достоинству оцененных качеств системы Matlab является возможность её модификации с целью решения всё новых и новых научно-технических задач, которые в изобилии появляются благодаря прогрессу в науке, технике и образовании. Прежде всего, это достигается созданием целого ряда пакетов расширения системы, которые охватывают многие новые и практически полезные направления компьютерной математики. У системы Matlab число этих пакетов составляет уже многие десятки, а документация по ним насчитывает десятки тысяч страниц.

Система Matlab версии 6.0 поставляется вместе с пакетом расширения Simulink 4.0, предназначенным для моделирования динамических систем, модели которых состоят из отдельных блоков (компонентов). Этот пакет является самым ярким представителем программ, созданных на основе системы Matlab. В нём реализованы принципы визуально-ориентированного программирования, что позволяет легко набирать нужные блоки и соединять их с целью составления модели системы или устройства. При этом сложнейшие уравнения состояния, описывающие работу моделей систем или устройств, формируются автоматически.

По удобству графического пользовательского интерфейса, обилию моделей (блоков) компонентов во множестве библиотек, разнообразию виртуальных средств регистрации и визуализации результатов моделирования и, главное, по надёжности и достоверности Simulink 4.0 выгодно отличается от множества подобных программ. Особенно это относится к открытости пакета и возможностям пополнения его библиотек.

Вместе с базовой системой Matlab 6.0, имеющей самые совершенные алгоритмы матричных вычислений и наиболее приспособленной для решения задач моделирования, Simulink 4.0 становится мощнейшим инструментом познания реалий мира путём их моделирования.

## 1. Описание программного обеспечения

### 1.1 Основные возможности пакета Simulink 4.0

В состав системы Matlab входит пакет моделирования динамических систем Simulink, который является ядром интерактивного программного комплекса, предназначенного для математического моделирования линейных и нелинейных динамических систем и устройств, представленных своей функциональной блок-схемой, именуемой моделью, для построения которой Simulink имеет обширную библиотеку блочных компонентов и удобный редактор блок-схем. Он основан на графическом интерфейсе пользователя и по существу является типичным средством визуально-ориентированного программирования. Используя наборы компонентов, пользователь с помощью мыши переносит нужные блоки из наборов на рабочий стол пакета Simulink и соединяет линиями входы и выходы блоков. Таким образом создаётся блок-схема системы или устройства, то есть модель.

Simulink автоматизирует следующий, наиболее трудоёмкий этап моделирования: он составляет и решает сложные системы алгебраических и дифференциальных уравнений, описывающих заданную функциональную схему (модель), обеспечивая удобный и наглядный визуальный контроль за поведением созданного пользователем виртуального устройства.

### 1.2 Запуск Simulink и основы работы с пакетом

Для активизации пакета необходимо нажать на кнопку Simulink в панели инструментов системы Matlab (перед кнопкой ). При нажатии этой кнопки открывается окно интегрированного браузера\* библиотек, показанного на рисунке 1:

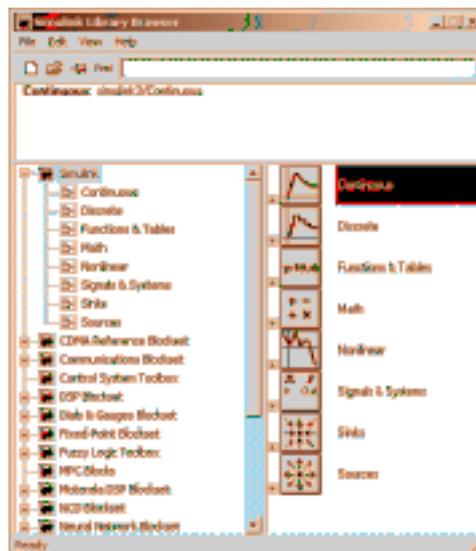


Рис. 1. Окно браузера библиотек Simulink

\* Браузер – обозреватель, средство отображения, предусматривающее интерактивную работу с просматриваемым объектом (прим. автора).

Нетрудно заметить, что пользовательский интерфейс окна браузера выполнен в общем стиле, характерном для Проводника Windows 9x. Это позволяет отказаться от детального описания его особенностей. Отметим лишь главные особенности работы с браузером.

В окне браузера содержится дерево компонентов библиотеки Simulink. Для просмотра того или иного раздела библиотеки достаточно выделить его мышью – в правой части окна Simulink Browser Library появится набор пиктограмм библиотеки. На рис. 1 показан основной раздел библиотеки Simulink.

С помощью меню браузера или кнопок его панели инструментов можно открыть окно для создания новой модели или загрузить существующую. Работа с Simulink происходит на фоне открытого окна системы Matlab, в котором можно наблюдать за выполняемыми операциями – если их вывод предусмотрен программой моделирования.

### 1.3 Запуск моделей Simulink из среды Matlab.

Обычно Simulink запускается соответствующей кнопкой из панели инструментов, что было описано выше. Можно так же запустить Simulink, выполнив в командной строке Matlab команду

```
>> Simulink
```

Для вывода полного перечня команд Simulink надо выполнить команду

```
>> help simulink
```

Список команд выглядит следующим образом:

Simulink

Version 4.0 (R12) 16-Jun-2000

Model analysis and construction functions.

Simulation.

- sim - Запуск модели Simulink.
- sldebug - Отладка модели.
- simset - Определение параметров структуры SIM Options.
- simget - Получение структуры SIM Options

Линеаризация и отделка.

- linmod - Извлечение линейной модели из непрерывной системы.
- linmod2 - Извлечение линейной модели, продвинутый метод.
- dlinmod - Извлечение линейной модели из дискретной системы.
- trim - Поиск установившейся операционной точки.

Конструирование модели.

- close\_system - Закрытие открытой модели.
- new\_system - Создание нового пустого окна модели.
- open\_system - Открытие существующей модели или блока.

load\_system - Загрузка существующей модели без её визуализации.  
 save\_system - Сохранение модели.  
 add\_block - Добавление нового блока.  
 add\_line - Добавление новой линии.  
 delete\_block - Удаление блока.  
 delete\_line - Удаление линии.  
 find\_system - Поиск модели.  
 hilite\_system - Hilite objects within a model.  
 replace\_block - Перемещение существующих блоков вместе с новым.  
 set\_param - Задание параметров модели или блока.  
 get\_param - Получение значений параметров моделирования.  
 bdclose - Закрывает окно Simulink.  
 bdroot - Название модели корневого уровня.  
 gcb - Получение имени текущего блока.  
 gcbh - Получение ручки текущего блока.  
 gcs - Получение имени текущей системы.  
 getfullname - получение полного пути имени блока  
 slupdate - Обновление старых 1.x моделей на 3.x.  
 addterms - Добавление заглушек на неиспользованные порты.  
 boolean - Конвертирование численных массивов в логические.  
 slhelp - Руководство пользователя Simulink или помощь по блоку.

#### Маскирование.

hasmask - Проверка маски.  
 hasmaskdlg - Проверка масочного диалога.  
 hasmaskicon - Проверка масочной иконки.  
 iconedit - Разработка иконки блока с использованием ginput-функции.  
 maskpopup - Возврат и изменения элементов меню маскированного блока.  
 movemask - Реструктуризация маскированного встроенного блока как маскированной подсистемы.

#### Библиотека.

libinfo - Получение информации о библиотеке для системы.

#### Диагностика.

sllastdiagnostic – Последний массив диагностики.  
 sllasterror - Последний массив ошибок.  
 sllastwarning - Последний массив предупреждений.  
 sldiagnostics - Получение номера блока и выполнение статистики модели.

#### Вывод и печать.

frameedit - Редактирование рамок печати для аннотируемых образцовых распечаток.  
 print - Печать графика или модели; или сохранение графика в М-файл.  
 printopt - Печать по умолчанию.

orient - Установка ориентации бумаги.

Смотри так же BLOCKS и SIMDEMOS.

### 1.4 Особенности интерфейса Simulink 4.0

Интерфейс версии Simulink 4.0 полностью соответствует стилю интерфейса типичных приложений Windows 9x/NT/2000, в том числе интерфейсу системы Matlab. В то же время он концептуально строг, чтобы не досаждал пользователю многочисленными излишествами стандартного интерфейса Windows.

Меню системы содержит следующие пункты:

- File – работа с файлами моделей и библиотек (создание, сохранение, считывание и печать).
- Edit – операции редактирования, работа с буфером обмена и создание подсистем.
- View – управление отображением панели инструментов и панели инструментов и строки состояния.
- Simulation – управление процессом моделирования (старт, пауза, вывод окна настройки параметров моделирования).
- Format – операции форматирования модели (смена шрифтов, редактирование надписей, повороты блоков и др.).
- Tools – управление видом анализа (в линейной области и в режиме реального времени RTW).

### 1.5 Интерфейс окна моделей Simulink

Команда New model в окне браузера библиотек открывает пустое окно модели пакета (рис 2).

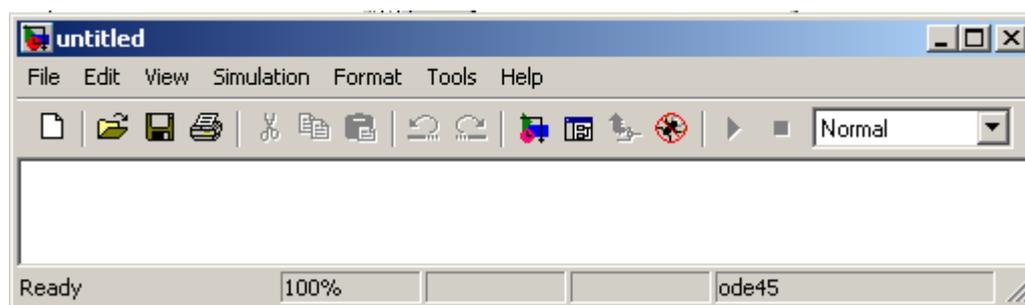


рис. 2. Окно модели пакета

Как видно из рис.2, панель инструментов окна содержит 15 кнопок. Эти кнопки имеют следующее значение:

- New model – создание новой модели;
- Open model – загрузка модели;
- Save – сохранение текущей модели;
- Print – печать текущей модели;
- Cut – перенос выделенного объекта в буфер обмена;
- Copy – копирование выделенного объекта в буфер;
- Paste – вставка объекта из буфера;

- Undo – отмена последней операции;
- Redo – восстановление последней отменённой операции;
- Library browser – открытие браузера библиотек;
- Toggle model browser – открытие браузера моделей в левой части окна модели;
- Go to parent system – переход в основную систему;
- Debug – переход в режим отладки модели;
- Start simulation – запуск моделирования;
- Stop simulation – остановка моделирования.

### 1.6 Ввод параметров компонентов (блоков) модели

Для пользователя, имеющего хотя бы начальное представление о моделировании, вполне ясно, что любой компонент модели имеет какие-то параметры или хотя бы один параметр. Для того, чтобы вызвать окно модификации параметров компонента, нужно навести курсор мыши на изображение компонента и дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши. Кроме того, можно просто просмотреть параметры компонента. Для этого нужно, указав курсором на интересующий блок, задержать курсор на 2-3 секунды. Под ним появится подсказка с указанием параметров.

### 1.7 Установка параметров моделирования

Прежде чем запустить модель, стоит ознакомиться с установкой общих параметров моделирования. Для этого следует выполнить команду Simulations Parameters в меню Simulations окна Simulink. Появится окно установки параметров моделирования (рис. 3).

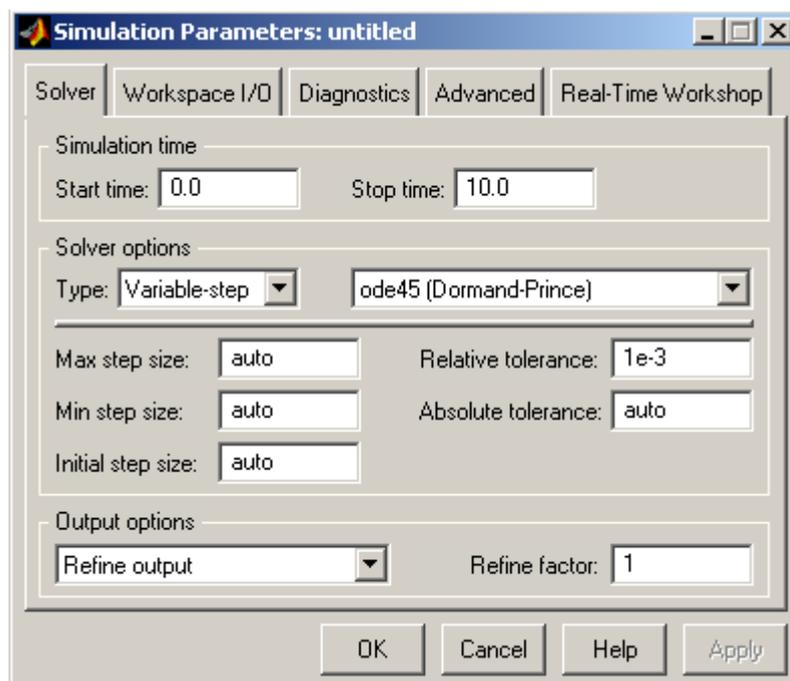


рис. 3. Окно установки параметров моделирования.

Это окно имеет ряд вкладок с довольно большим числом параметров. Рассмотрим вкладку, открытую по умолчанию – Solver (Решатель). Эта вкладка позволяет установить параметры решающего устройства системы моделирования. К числу важнейших параметров относятся время моделирования – Simulation time. Она задаётся начальным временем Start time («0» по умолчанию) и конечным временем Stop time. Стоит отметить, что время моделирования – величина довольно условная. Не следует думать, что Stop time=50 означает моделирование в течение 50 секунд. Точного соответствия между временем моделирования в секундах и заданным значением нет. Реальное время моделирования сильно зависит от быстродействия компьютера, на котором производится моделирование. Первостепенное значение имеют две опции решателя в поле Solver Options: тип решения и метод решения. Возможны два типа решения: variable-step solvers (решение с переменным шагом) и fixed-step solvers (решение с фиксированным шагом). Для решения дифференциальных уравнений можно выбирать следующие методы: discrete (дискретный), ode45, ode23 (три варианта, включая метод Розенброка), rk45 (метод Дорманда-Принса), ode113 (метод Адамса) и ode15s. Методы, в названии которых есть слово stiff, служат для решения жестких систем дифференциальных уравнений.

Подробное описание методов решения ДУ можно найти в справочной литературе по системе Matlab.

Следующие три параметра - значения опции auto – обычно задаются автоматически, но в особых случаях их можно ввести явно.

- Max step size – максимальный шаг интегрирования системы дифференциальных уравнений.
- Min step size – минимальный шаг интегрирования.
- Initial step size – начальный шаг интегрирования.

Важен и такой параметр, как точность интегрирования: relative tolerance – относительная погрешность, absolute tolerance – абсолютная. По умолчанию они заданы соответственно равными  $10^{-3}$  и  $10^{-6}$ . Если, например, графики результатов моделирования выглядят явно из отдельных фрагментов, это указывает на необходимость уменьшения указанных значений погрешности. Однако слишком малые значения погрешностей могут вызвать значительное увеличение времени вычислений. Не оптимально выбранные значения могут вызвать неустойчивость процесса моделирования.

## 2. Лабораторная работа №1

**Тема работы:** знакомство с диалоговой оболочкой пакета Simulink 4.0

**Цель работы:** Обучение основным приемам работы с пакетом Simulink (ввод структуры и параметров модели, задание режимов интегрирования, задание выходных блоков, сохранение файлов модели) при моделировании силовой части электропривода постоянного тока независимого возбуждения.

**Исходные данные:** структурная схема силовой части электропривода постоянного тока независимого возбуждения (рис. 4), параметры системы электропривода (таблица 1).

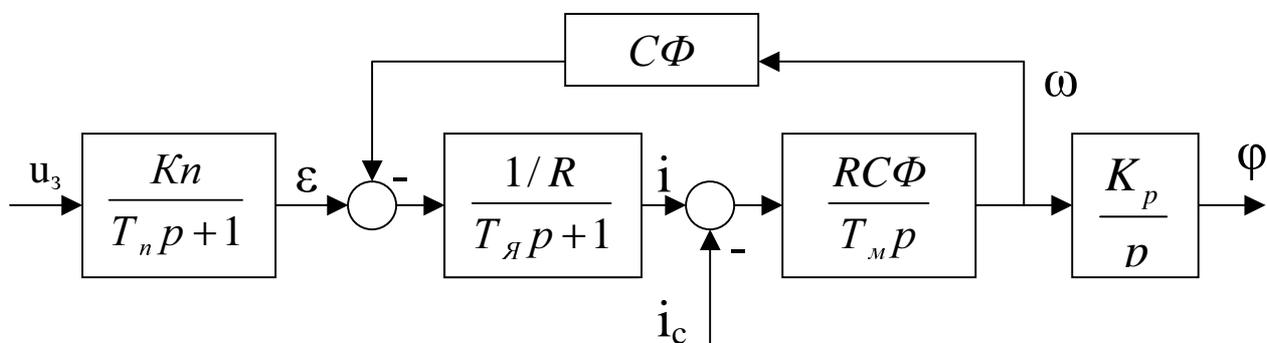


рис. 4. Структурная блок-схема силовой части ЭПТТ

Таблица 1.

Наименование параметра	Значение
1 Максимальное управляющее напряжение $U_{y_{max}}$ , В	10
2 Коэффициент передачи преобразователя $k_{\Pi}$	3
3 Постоянная времени преобразователя $T_{\Pi}$ , С	0,001
4 Сопротивление якоря двигателя $R$ , Ом	3
5 Электромагнитная постоянная двигателя $T_{я}$ , С	0,006
6 Потокосцепление $C\Phi$ , Вс	0,1
7 Электромеханическая постоянная двигателя $T_{м}$ , С	0,05
8 Номинальный ток двигателя $I_{н}$ , А	1,3
9 Коэффициент передачи редуктора $k_p$	500

Примечание: при моделировании ток нагрузки следует принять равным  $1.2I_n$ , а напряжение сигнала задания -  $U_{y_{max}}$

**Порядок выполнения:** Используя блоки библиотек\* (приложение 1) составляем структурную схему силовой части электропривода (рис. 4):

\* *Примечание: при отсутствии в библиотеке описания необходимого блока следует воспользоваться справкой системы или справочной литературой, указанной в данных методических указаниях.*

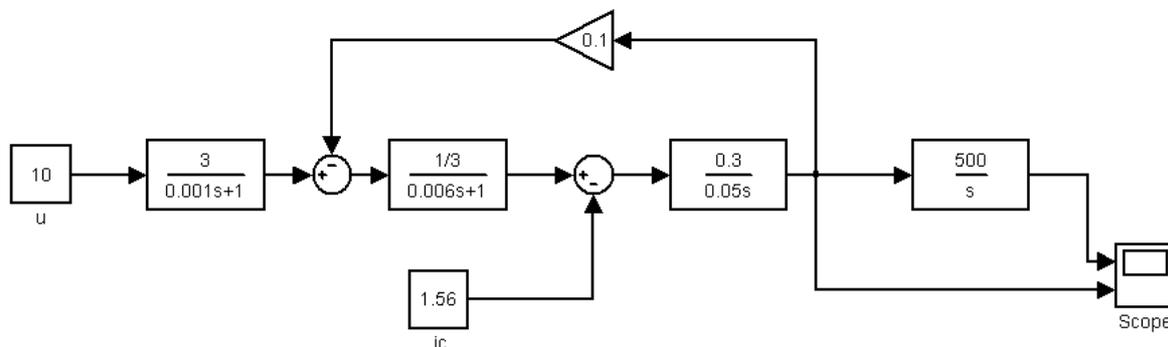


Рис. 4. Блок-схема цифровой модели

Для сохранения файлов работы необходимо создать директорию ***D:\LR\_SIM\EMS\_(номер группы)\BR\_(номер бригады)***.

Задайте шаг и время интегрирования. Так как постоянные времени представлены в явном виде, то можно задать параметры исходя из условий: шаг =  $(0,01-0,001)T_{\min}$ , и время =  $(5-10)T_{\max}$ , где  $T_{\min}$  и  $T_{\max}$  – соответственно наименьшая и наибольшая постоянные времени исследуемого объекта.

Запустите процесс моделирования, дождитесь его окончания и просмотрите результат двойным щелчком на блоке Scope.

Сохраните файл структуры под названием LR1.mdl в указанной выше директории.

К отчёту о работе необходимо приложить графики переходных процессов, которые можно получить с помощью принтера, нажав на пиктограмму принтера (кнопка print) в окне блока Scope.

## Лабораторная работа № 2.

**Тема работы:** моделирование задающих и возмущающих воздействий (сигналов) в пакете Simulink.

**Цель работы:** изучить основные принципы и подходы к моделированию типовых и сложных задающих и возмущающих воздействий.

Пакет прикладных программ 1MDS предназначен для исследования статических и динамических характеристик систем автоматического управления, в частности систем управления электроприводом. При анализе и синтезе таких систем используют, так называемые, типовые воздействия. В данной лабораторной работе будут рассмотрены наиболее часто используемые типовые воздействия: единичная ступенчатая функция  $1(t)$ , линейно-изменяющееся воздействие  $v \cdot t \cdot 1(t)$  и  $A \cdot \sin(Wt) \cdot 1(t)$  гармоническое воздействие. Важной особенностью данных типовых воздействий является то, что они имеют нулевое значение при  $t < 0$ .

Единичная ступенчатая функция описывается следующей зависимостью:

$$1(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ 1 & \text{при } t \geq 0 \end{cases}$$

и имеет вид, представленный на рис. 5.

Если ступенчатое воздействие возникает в момент времени, отличный от нуля, как это показано на рис. 5б, то такая функция описывается уравнением:

$$1(t + \tau) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < \tau \\ 1 & \text{при } t \geq \tau \end{cases}$$

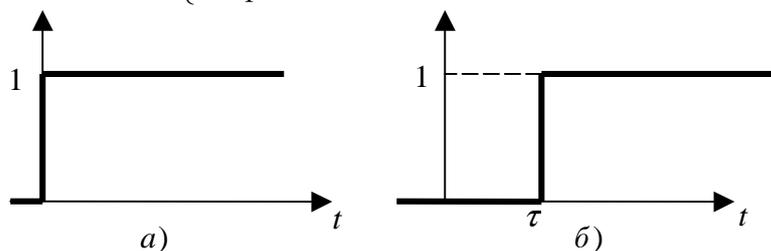


Рис. 5. Вид единичных ступенчатых воздействий: а) без задержки; б) задержанной на величину  $\tau$

Единичные ступенчатые функции можно рассматривать как "функции-включатели". Введем в рассмотрение некоторую произвольную времени  $f(t)$ . Чтобы задать момент времени  $\tau$  включения данной функции достаточно ее домножить на единичную ступенчатую функцию, т.е.

$$1(t - \tau) \cdot f(t) = \bar{f}(t)$$

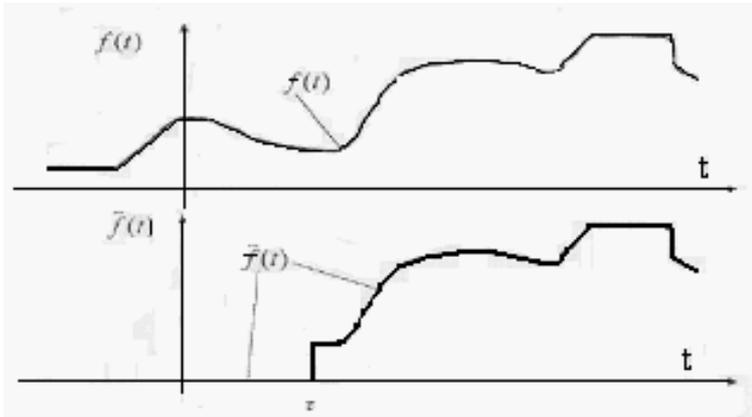


Рис. 6. – Формирование функции  $\bar{f}(t)$  в соответствии с выражением (1).

Выражение (1) служит основой для получения таких типовых воздействий как скачек амплитудой  $a$  (при  $f(t)=a=const$ ), типовое линейно-изменяющееся воздействие (при  $f(t) = vt$ ,  $v$  - скорость изменения сигнала), типовое гармоническое воздействие (при  $f(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ ).

$$v \cdot t \cdot 1(t) = \begin{cases} 0, \text{ при } t < 0 \\ v \cdot t, \text{ при } t \geq 0 \end{cases}, \text{ где } v = \operatorname{tg} \alpha,$$

Линейно-изменяющееся воздействие описывается следующей зависимостью:

$$v \cdot (t - \tau) \cdot 1(t - \tau) = \begin{cases} 0, \text{ при } t < \tau \\ v \cdot (t - \tau), \text{ при } t \geq \tau \end{cases}, \text{ где } v = \operatorname{tg} \alpha,$$

Линейно-изменяющееся воздействие, возникающее в момент времени  $t$  (рис 7 б), описывается как:

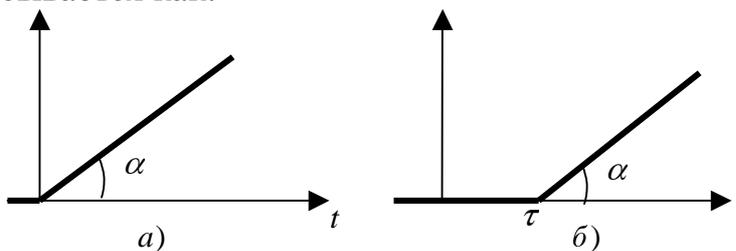


Рис. 7. – Линейно-изменяющиеся типовые воздействия: а) без задержки; б) с задержкой

Взаимосвязь между единичными скачкообразно-изменяющимися и типовыми линейно-изменяющимися воздействиями может быть также выражена и следующими выражениями:

$$v \cdot t \cdot 1(t) = v \int_0^t 1(t) dt, \quad v \cdot (t - \tau) \cdot 1(t - \tau) = v \int_0^t 1(t - \tau) dt$$

Это выражение служит основой для составления моделей линейно-изменяющихся типовых воздействий в пакете Simulink.

Формула общей зависимости, описывающая типовое гармоническое воздействие следующая:

$$\bar{f}(t) = 1(t) \cdot A \sin(\omega t + \varphi) = \begin{cases} 0, \text{ при } t < 0 \\ A \sin(\omega t + \varphi), \text{ при } t \geq 0 \end{cases}$$

в случае применения задержанной функции ее описание модифицируется аналогично выше приведенным примерам. График гармонической функции показан на рис. 8.

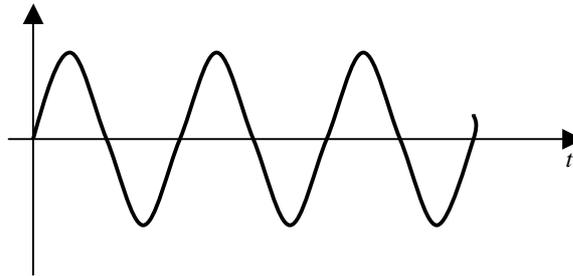


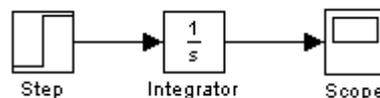
Рис. 8. – Типовое гармоническое воздействие

С помощью блоков, входящих в состав пакета Simulink, возможно построение различных вариантов моделей, реализующих ту или иную функцию или описывающих поведение какой-либо системы управления в целом. Модели при этом будут отличаться использованными наборами блоков, схемами их соединения, но с функциональной точки зрения эти варианты должны быть аналогичными.

Рассмотрим моделирование некоторых воздействий:

- линейно-изменяющееся воздействие моделируется с помощью блока Ramp.

- линейно-изменяющееся воздействие с задержкой во времени реализуется несколько сложнее:



- различные варианты гармонических воздействий реализуются с помощью блока Sine Wave.

А теперь рассмотрим решение несколько более сложной задачи. Необходимо сформировать воздействие, представленное на рис.3.9. Для выполнения данной за-

дачи предварительно необходимо составить математическое описание заданной функции. Разложив данную функцию на составляющие в виде типовых воздействий, каждое из которых возникает в определенный момент времени, получим следующую математическую запись:

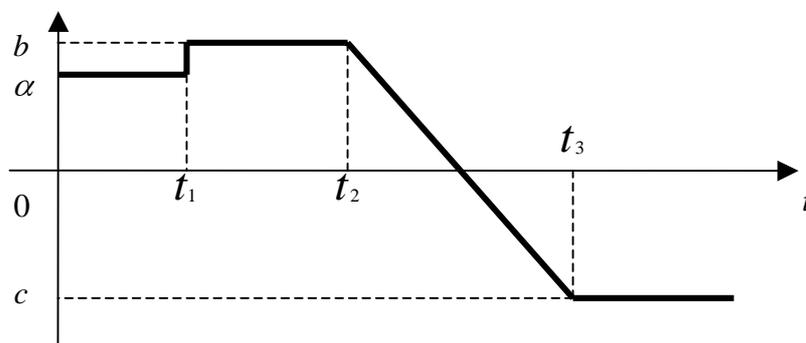
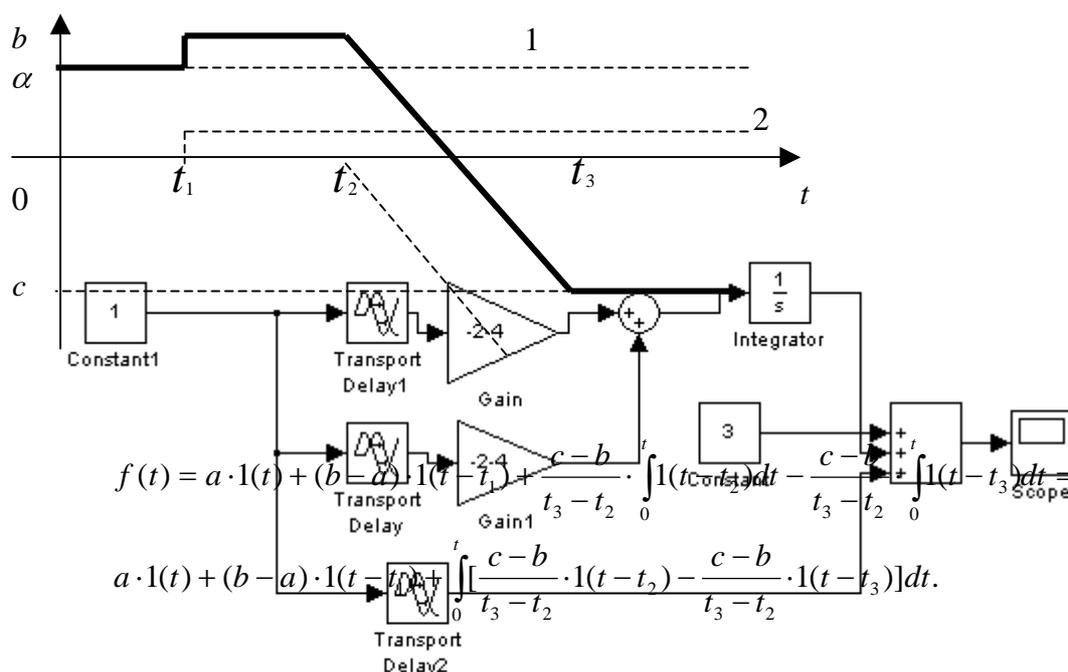


Рис. 9.-Воздействие произвольной формы.

$$f(t) = a \cdot 1(t) + (b - a) \cdot 1(t - t_1) + \frac{c - b}{t_3 - t_2} \cdot (t - t_2) \cdot 1(t - t_2) - \frac{c - b}{t_3 - t_2} \cdot (t - t_2) \cdot 1(t - t_3)$$

В этой формуле каждое из слагаемых описывает собственную составляющую, график которой на рисунке 3.10 обозначен номером соответствующего слагаемого. Геометрическая сумма графиков всех слагаемых и даст требуемый график исходной функции. Поэтому предлагаемая модель обеспечивает именно этот принцип формирования характеристики. Моделируется каждое из слагаемых в отдельности, а затем все они суммируются.



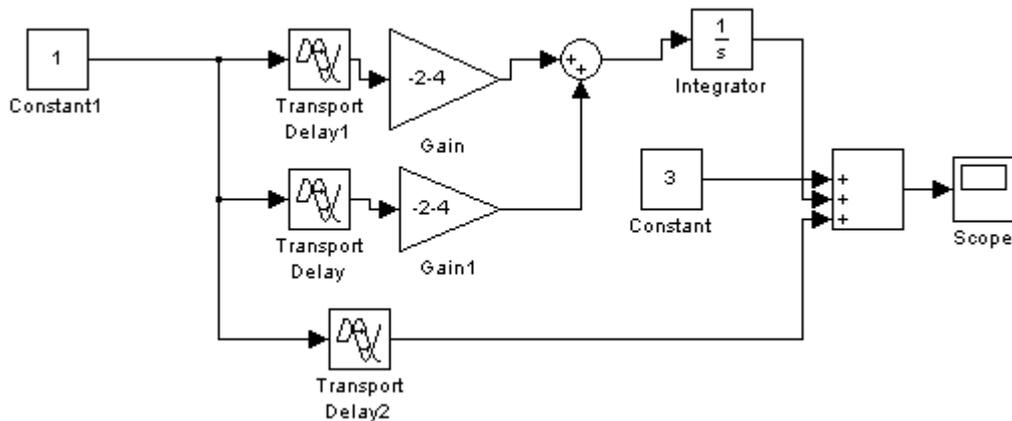


Рис. 11 – модель сложного воздействия.

Таблица 3.6

Номер бригады	Параметры					
	a	b	c	t1	t2	t3
1	10	15	-10	0,2	0,3	0,5
2	-5	3	-20	1	5	10
3	-40	-60	120	0,05	0,08	0,11
4	4	-15	12	12	20	30
5	0,8	-1,25	-5,45	0,003	0,009	0,018
6	-300	500	1200	0,1	0,8	1,5
7	18,5	25	60	3	6	12
8	-75	-15	50	0,15	0,4	0,8
9	80	20	-90	2,5	4	6
10	1	-5	-10	0,009	0,015	0,026

### Лабораторная работа №3.

**Тема работы:** реализация входного воздействия по Клоссовской характеристике с использованием пакета Simulink.

**Цель работы:** освоение методики формирования входного воздействия в результате математического описания заданных формул на ЭВМ с использованием пакета Simulink.

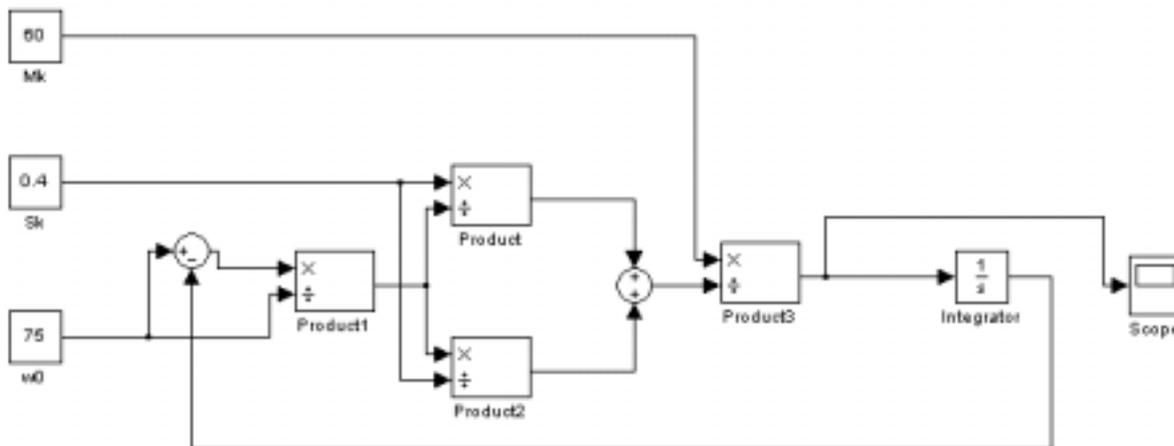
#### Содержание работы.

В данной работе заданными являются  $\omega_0, S_K, M_K$

В ходе работы реализуется математическое описание системы, состоящей из двух уравнений:

$$M = \frac{2 \cdot M_K}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S}}; \quad S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}.$$

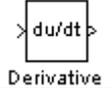
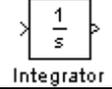
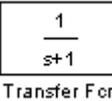
Известные величины зададим константами и получим следующую модель:



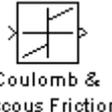
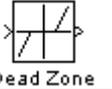
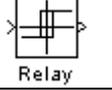
Необходимо исследовать зависимости момента (см. рис.) и скорости от времени и зафиксировать результаты.

Приложение 1: таблица основных блоков раздела Simulink.

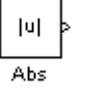
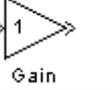
Библиотека Continuous

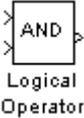
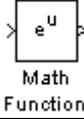
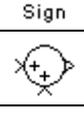
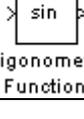
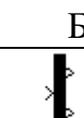
Графическое изображение	Описание	Параметры
	Дифференцирование	-
	Интегрирование	-
	Сложная передаточная функция	$\frac{K}{A_0s^n + A_1s^{n-1} + \dots + A_n s^0}$ ; массив значений A.
	Задержка сигнала на время t	Время задержки, начальное значение (0 по ум.).
	Задержка сигнала на переменное время	Максимальное время задержки, начальное значение (0 по ум.).

Библиотека Discontinuous

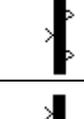
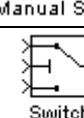
	Зазор с заданной шириной	Величина «мёртвой зоны»
	Вязкое трение с линейным коэффициентом передачи	Коэффициенты трения
	Зона нечувствительности	Границы зоны нечувствительности
	Дискретизация входного сигнала на заданном интервале	Интервал
	Реле	Пороги срабатывания
	Зона насыщения	Пределы зоны

Библиотека Math Operations

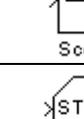
	Модуль	-
	Пропорциональный блок	Коэффициент передачи

 Logical Operator	Логические операторы	Тип оператора, число входов
 Math Function	Математическая функция	Тип функции
 MinMax	Вывод максимума (минимума) входного сигнала	Максимум/минимум
 Product	Перемножение (деление) сигнала(ов)	Тип действия
 Relational Operator	Отношение сигналов	Заданное отношение
 Sign	Знак сигнала	-
 Summation	Суммирование (вычитание)	Тип действия и форма блока
 Trigonometric Function	Тригонометрическая функция	Тип функции

### Библиотека Signal routing

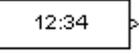
 Demux	Разделитель шины (demux)	-
 Mux	Создатель шины (mux)	-
 Manual Switch	Ручной переключатель	Переключение по клику мышью
 Switch	Переключатель	Порог переключения

### Библиотека Sinks

 Display	Отображение входного значения	Формат сигнала
 Scope	Осциллограф	Параметры осей, количество входов
 Stop Simulation	Остановка симуляции при ненулевом входном значении	-

 Terminator	Закрытие неподключённых портов	-
---	--------------------------------	---

### Библиотека Sources

 Band-Limited White Noise	Белый шум для непрерывных систем	Интенсивность, время выборки
 Chirp Signal	ЛЧМ-импульс	Время, граничные частоты
 Clock	Текущее время эмуляции	-
 Constant	Константа	Значение
 Digital Clock	Вывод текущего времени с указанной частотой	Время выборки
 Ground	Заземление («0» на выходе)	-
 Pulse Generator	Импульсы с постоянным интервалом	Амплитуда, период, ширина, фаза
 Ramp	Скатовый сигнал	Плита, начальное время
 Repeating Sequence	Повторяющаяся последовательность	Параметры импульса
 Signal Generator	Генерация различных волновых форм	Форма, амплитуда, частота, единицы измерения
 Sine Wave	Синусоида	Тип, амплитуда, отклонение, частота, фаза
 Step	Ступень	Время, начальное и конечное значения
 Uniform Random Number	Равномерный распределённый случайный сигнал	Минимум, максимум.



