

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПОВЫХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САУ

Лабораторная работа №2 по курсу ОА и САУ

Тема 1.2 "Математическое описание систем управления"

Цель работы: *изучение влияния типовых нелинейностей на характер переходного процесса САУ при единичном входном ступенчатом сигнале.*

Необходимое оборудование: *ПЭВМ, совместимая с IBM PC, пакет Matlab с Simulink под операционной системой Microsoft Windows.*

Продолжительность работы: 2 часа.

### Введение

*Реальные системы автоматического регулирования не являются чисто линейными, и в ряде случаев их поведение не может быть даже приближенно описано линейными дифференциальными уравнениями, т.е. системы не могут быть представлены как линеаризованные.*

*Нелинейной автоматической системой называется такая система, которая содержит хотя бы одно звено, описываемое нелинейным уравнением. Все автоматические системы имеют нелинейные статические характеристики. Одни из них являются слабо нелинейными, другие - существенно нелинейными. Существенно нелинейной характеристикой принято считать такую, которая не может быть описана математически во всем диапазоне входного сигнала одним уравнением прямой линии. Особенностью нелинейных характеристик является разрыв первого рода в точке перехода от одного участка к другому и неоднозначной зависимостью выходных величин от входных.*

*В ряде случаев специальное применение нелинейных элементов в схемах управления значительно расширяет возможности повышения качества переходных процессов в системе.*

*Примерами таких нелинейных элементов являются нелинейные непрерывные и релейные усилители, функциональные преобразователи и т.п. Введение релейных усилителей, например, в систему управления может перевести ее в режим малых автоколебаний, существование которых повышает ее быстродействие и уменьшает перерегулирование при скачкообразных воздействиях.*

*В системах автоматического управления встречаются нелинейности самого различного вида. Нелинейные звенья можно классифицировать по различным показателям: симметрии, гладкости, однозначности характеристик и другим признакам.*

*Основные задачи исследования нелинейных систем сводятся к отысканию возможных состояний равновесия системы и исследованию их устойчивости, исследованию процессов перехода системы к тому или иному установившемуся состоянию при различных начальных отклонениях.*

В состав Matlab входит система Simulink, предназначенная для моделирования динамических систем, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями или структурными схемами.

### Практическая работа

#### 1. Ознакомиться с описанием работы в пакете Matlab Simulink.

Рассмотрим структурную схему линейной стационарной системы, представленную на рис.1.

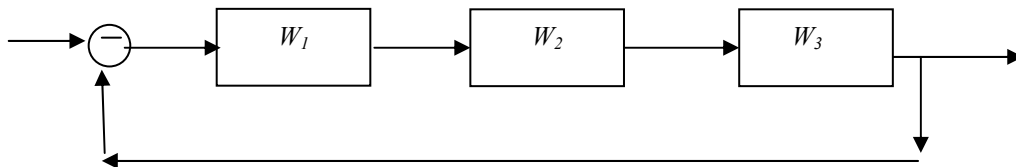


Рис.1. Исходная структурная схема системы

Здесь  $W_1 = k$ , при  $k=10$ ,  $W_2 = \frac{1}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$  при  $T=0,5, \xi=0,4$  и  $W_3 = \frac{1}{s}$ .

Для моделирования этой системы в Simulink надо ввести команду  
» *simulink*.

На экране появится меню выбора блоков (*Simulink Library Browser*). Чтобы создать новый файл для ввода системы нажмите на иконку в верхнем левом углу (белый лист).

Далее нужно набрать схему системы, при этом на вход подать единичное ступенчатое воздействие. Для этого из главного меню последовательно выбрать директорию *Simulink – Sources – Step* и перенести этот блок на окно файла системы. Далее нужно вставить сумматор из директории *Simulink – Math – Sum*. Чтобы поменять параметры блока надо дважды нажать на левую клавишу мыши в области его изображения. В появившемся окне поставить + -, т.е. ввести отрицательную обратную связь.

Блок, реализующий  $W_1$ , т.е. коэффициент усиления, находится в директории *Simulink – Math – Gain*. Введите коэффициент усиления, равный 10. Если коэффициент усиления необходимо менять в процессе исследования системы, его удобно вставить отдельно в виде ползунка *Simulink – Math – Slider Gain* (при этом необходимо поставить пределы изменения коэффициента усиления).

Блок, реализующий произвольные передаточные функции ( $W_2$ ), выбирается из директории *Simulink – Continuous – Transfer Fnc*. Передаточные функции вводятся при помощи набора коэффициентов числителя и знаменателя (в верхней строке числителя, в нижней знаменателя). В данном случае необходимо ввести:

Numerator:

[1]

Denominator:

[0.25 0.4 1]

Блок, реализующий интегрирующее звено ( $W_3$ ) находится в директории *Simulink – Continuous – Integrator*.

Для вывода на экран графика переходного процесса, т.е. реакции системы на единичное воздействие, на выход системы надо установить блок

вывода графика выходного сигнала из директории *Simulink – Sinks – Scope*, а чтобы получить фазовый портрет, надо установить блок *Simulink – Sinks – XY Graph*.

Полученная схема моделирования представлена на рис.2.

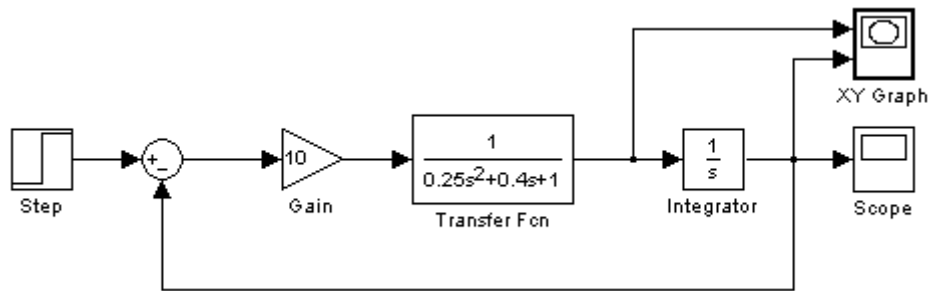


Рис.2.Схема моделирования линейной системы управления

Чтобы начать моделирование системы надо выбрать опцию *Simulation - Start*. При необходимости следует выбрать параметры интегрирования, используя опцию *Simulation - Configuration Parameters*.

В *Simulink* можно моделировать и нелинейные системы (рис.3).

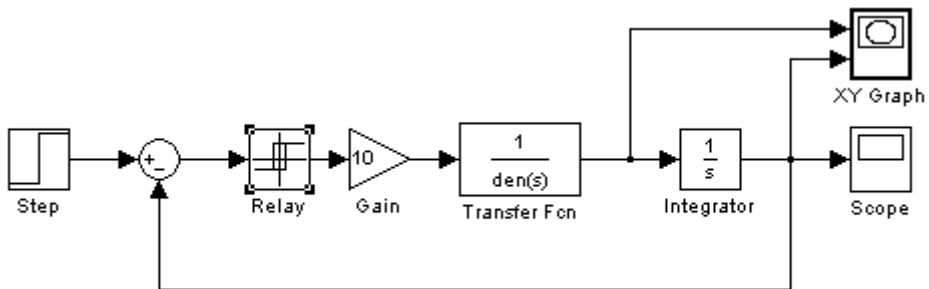


Рис.3. Схема моделирования нелинейной системы управления

Релейная характеристика находится в директории *Simulink – Discontinuities – Relay*. Исходно данная характеристика является гистерезисной, поэтому для преобразования ее в идеальную релейную характеристику необходимо установить следующие параметры:

*Switch on point*:0

*Switch off point*:0

*Output when on (c)*:1

*Output when off (-c)*: -1

Для построения фазового портрета используется следующая процедура – *Simulink – Sinks - XY Graph* (в данном случае  $y=dx/dt$ ). Блок *XY Graph* имеет два входа – один с переменной  $x$ , а другой с ее производной.

Фазовый портрет позволяет установить наличие в системе автоколебаний при нулевом входном воздействии ( $u=0!$ ).

2. Для системы, представленной на рис.4,

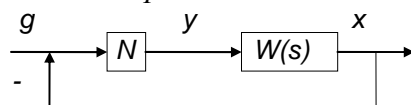


Рис.4.Исходная система для исследования

где  $W(s)=K/(s(Ts+1)(Ts+1))$ ,  $T=0.1$ ,  $K=10$ ,

составить в Simulink схему моделирования и построить зависимость времени переходного процесса от параметра нелинейности:

- а) N - нелинейность типа "насыщение" (Saturation);
- б) N - нелинейность типа "зона нечувствительности" (Dead Zone);
- в) N - нелинейность типа "реле" (Relay).
- г) N - нелинейность типа "люфт" (Backlash);

3. Для системы, представленной на рис.4 (п.п а, б, в, г), определить зависимость статической ошибки от параметров нелинейностей.

4. Для системы, представленной на рис.4 (п.п а, б, в, г), построить фазовые портреты исследуемых нелинейных систем.

5. Для своего варианта ДЗ составить в Simulink схему моделирования системы без учета нелинейности и с учетом нелинейности, построить фазовые портреты систем. Сравнить полученные времена переходных процессов и статические ошибки систем.

В результате выполнения ИПР студент должен получить следующие навыки и умения:

1. Навыки по формированию схемы моделирования в пакете Simulink.
2. Навыки по включению нелинейных звеньев в структурную схему САУ с помощью пакета Simulink.
2. Умение построить переходный процесс линейной САУ.
3. Умение построить фазовый портрет нелинейной системы при различных начальных условиях.
4. Умение оценить влияние параметров нелинейности на характеристики переходного процесса.

В результате выполнения ИПР студент должен получить следующие знания:

1. Математическое описание типовых нелинейностей в САУ.
2. Основные понятия о фазовой плоскости.
3. Типы особых точек.
4. Методы исследования САУ с помощью фазовых траекторий.
5. Автоколебания нелинейных САУ.

Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Структурные схемы исследуемых систем управления, статические характеристики и математическое описание исследуемых нелинейностей.
2. Фазовые портреты и переходные процессы в САУ для различных типов исследованных характеристик.
3. Зависимости времени переходного процесса от параметров нелинейности типа "насыщение", статической ошибки от параметров нелинейностей типа "зона нечувствительности", "реле", "люфт".
4. Выводы по работе.

Вопросы:

1. Приведите определение и классификацию нелинейных систем.
2. Как осуществляются структурные преобразования в САУ с нелинейными элементами?
3. Каковы основные методы исследования и расчета нелинейных систем, применяемых в инженерной практике?
4. Как построить фазовые траектории по методу изоклин?
5. Приведите математическое описание типовой нелинейности по указанию преподавателя.
6. Назовите типы особых точек нелинейных систем на фазовой плоскости.
7. Поясните понятия фазовой траектории и фазового портрета нелинейной системы.
8. Какие нелинейные звенья систем называются существенными?
9. В каких случаях на фазовой плоскости наносятся линии переключения?
10. Можно ли изменять амплитуду сигнала на входе нелинейного элемента при структурных преобразованиях?
11. Каковы типовые расчетные схемы нелинейных элементов?
12. Как влияет на время переходного процесса включение нелинейности в контур управления?
13. Как влияет на статическую ошибку нелинейность в контуре управления?

Методические указания:

Перед выполнением ИПР студент должен представить статические характеристики и математическое описание следующих типовых нелинейных характеристик: НХ с зоной насыщения, НХ с зоной нечувствительности, НХ с зоной насыщения и зоной нечувствительности, релейной однозначной характеристики, релейной характеристики, комбинированной релейной характеристики, НХ типа "люфт".