**Лабораторная работа №1**

**Тема**: Получение описания объекта управления в КФУ и КФН. Схемы моделирования.

**Цель**: Приобретение практических навыков в получении описания объекта управления в канонической форме наблюдаемости (КФН) и канонической форме управляемости (КФУ) по схемам моделирования. Проверка результатов путем моделирования в пакете Matlab/Simulink.

**Краткие теоретические сведения**

Модель системы в переменных состояния, можно получить, используя дифференциальные уравнения. Так поступают во многих практических ситуациях. Однако, если путем идентификации системы получена ее модель в виде передаточной функции, то от нее непосредственно можно перейти к уравнениям состояния. Поскольку этот метод обладает рядом преимуществ, рассмотрим его более подробно.

Метод основан на использовании схем моделирования, т.е. структурных схем. Вообще говоря, схема моделирования может быть построена путем использования любого из видов математической модели системы - передаточной функции, дифференциальных уравнений или уравнений состояния. Свое название схемы моделирования получили не случайно, а именно потому, что они представляют собой «заготовку» для исследования системы с помощью компьютеров.

Основным элементом схемы моделирования является интегратор, изображенный на рис. 1.1 в виде отдельного блока.



Рисунок 1.1 - Интегратор

Он характеризуется уравнением , что при переходе к изображениям по Лапласу дает: . Следовательно, передаточная функция блока, выполняющего операцию интегрирования, равна , как показано на рис. 1.1. Поскольку нас интересует только передаточная функция, то начальное условие для  мы, как и раньше, полагаем равным нулю. Если выход интегратора обозначить через , то его входом должна являться производная . Это свойство как раз и используется при построении схем моделирования.

Заметим, что если схема моделирования строится на основе дифференциальных уравнений системы, то решение является однозначным. Однако, если исходные данные представлены в виде передаточной функции, то схема моделирования может иметь различную конфигурацию, т.е. решение уже не будет однозначным. Покажем, как передаточной функции общего вида

 (1.1)

можно поставить в соответствие две разных схемы моделирования. На рис. 1.2 изображена схема моделирования, называемая канонической формой управляемости.



Рисунок 1.2 - Каноническая форма управляемости (КФУ)

Поскольку объект *n*-го порядка, поэтому соединим последовательно *n* интегрирующих звеньев. Далее пронумеруем справа налево переменные состояния, а интеграторы слева направо (т.е. 1-ый интегратор это  в , 2-ой -  в  и т.д.). Коэффициенты , стоящие в знаменателе изображаем в нижней части, а коэффициенты числителя  - вверху.

Из структуры следует:

.

По схеме запишем уравнения динамики и выхода:

.

Для той же самой передаточной функции (1.1) получим вторую схему моделирования, известную под названием канонической формы наблюдаемости. Эти, новые для нас, термины своим появлением обязаны современной теории управления.

Для КФН используется метод совместного интегрирования, при котором дифференциальное уравнение переписывается так, что в левой части записываются слагаемые, содержащие производные, а в правой части слагаемые без производных. Для левой части вводится новая переменная и этот процесс повторяется *n* – раз, где *n* – порядок дифференциального уравнения.



Перейдем от передаточной функции к ДУ:



Водим новую переменную:, тогда



Перенесем производные влево, получим:



Водим новую переменную:, тогда



Перенесем производные влево, получим:



Продолжая, получим:







С учетом этого запишем систему в форме Коши:

; 

По этим уравнениям составляем уравнения в векторно-матричной форме:

.

Структурная схема, соответствующая полученным уравнениям представлена на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 - Каноническая форма наблюдаемости (КФН)

Эти две схемы моделирования имеют одну и ту же передаточную функцию. Заметим, что вектор состояния  в схеме на рис.1.2 не совпадает с вектором  в схеме на рис.1.3. Проанализируйте полученные формы КФУ и КФН. Внутренняя структура модели, т.е. переменные состояния в этих формах различны.

Итак, если по заданной передаточной функции построена схема моделирования, то легко можно получить модель системы в переменных состояния. Эта процедура состоит из двух этапов:

1. Принять выход каждого интегратора за переменную состояния.

2. Записать уравнения относительно входа каждого интегратора и относительно каждого выхода системы.

Поясним эти этапы на примере канонической формы управляемости.

Пример 1.1

Получить КФУ по заданной передаточной функции.

; .



Построим схему моделирования

Запишем уравнение динамики:



.

Пример 1.2

Получить КФН по заданной передаточной функции.

 Перейдем к дифференциальному уравнению:





Итак, запишем систему ДУ в форме Коши с учетом того, что :

Уравнение динамики: Уравнение выхода: .

Перепишем в векторно-матричной форме:



Построим схему моделирования



**Задание на проведение лабораторной работы**

1. Согласно варианту, получить описание объекта управления (ОУ) во временной области (в пространстве состояний) в КФУ и КФН:

КФУ получить для ОУ, заданного посредством передаточной функции; КФН – для ОУ, заданного матричной передаточной функцией.

При получении КФУ сначала построить структурную схему моделирования ОУ, а затем по этой структуре написать векторно-матричные уравнения динамики ОУ.

При получении КФН необходимо перейти к дифференциальному уравнению n-го порядка, преобразовать его в систему из n дифференциальных уравнений 1-го порядка (форма Коши) и по данной системе написать векторно-матричные уравнения динамики ОУ, а также построить структурную схему моделирования ОУ в КФН.

1. Проверить свои результаты с помощью пакета прикладных программ Matlab- Simulink:
   1. Полученную в п.1 модель ОУ в КФУ задать в m.файле. Построить переходные характеристики переменных состояния и выхода объекта.
   2. Провести моделирование структурной схемы ОУ в КФУ, полученной в п.1 с помощью Simulink. Сравнить результаты, полученные пунктах 2.1 и 2.2.
   3. Полученную в п.1 модель ОУ в КФН задать в m.файле. Построить переходные характеристики переменных состояния и выхода объекта.
   4. Провести моделирование структурной схемы ОУ в КФН, полученной в п.1 с помощью Simulink. Сравнить результаты, полученные пунктах 2.3 и 2.4.
   5. Сделать выводы о способах описания КФУ, КФН.

**Варианты заданий**:

1. ; 
2. ; 
3. ; 
4. ; 
5. ; 
6. ; 
7. ; 
8. ; 
9. ; 
10. ; 
11. ; 
12. ; 
13.  
14.  
15. ; 
16. ; 
17. ; 
18. ; 
19. ; 
20. ; 

**Содержание отчета**

1. Описание объекта в КФУ и КФН, полученные вручную;

2. Представить графики переходных процессов переменных состояния и выходной координаты для КФУ и КФН, полученные как в Matlab, так и по схемам моделирования в Simulink;

3. сделать выводы по полученным результатам.

**Контрольные вопросы**

1. Дать определение переменной состояния, модели в пространстве состояния.
2. Понятие КФУ, КФН, схем моделирования.
3. Дать определение командам **tf2ss, ss2tf, ss, tf, canon**.
4. Каким образом получить уравнения состояния для системы, описываемой дифференциальным уравнением?
5. Как с помощью схемы моделирования решить систему дифференциальных уравнений?