Дисциплина:Идентификация и диагностика систем

Тема: Построение моделей систем управления

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: пояснительная записка - 28 с., рисунков - 10, таблиц - 1, список литературы - 22 источников, графическая часть - 2 листа на формате А1.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, СОЛВЕР, SYMBOLIC MATH TOLBOX, SIMULINK.

Объектом для исследования является аналитическая модель электрической цепи.

Целью курсовой работы является анализ линейной непрерывной системы автоматического управления (САУ). Рассматриваемые САУ, представленные принципиальной схемой, являются различными системами автоматического регулирования (САР). В качестве исходных данных приняты параметры элементов и устройств, входящих в данную систему.

В результате проведенной работы была разработана резистивная схема электрической цепи, выполнен анализ динамических процессов протекающих в системе.

При исследовании моделей систем управления, описываемых дифференциальными уравнениями, была использована система автоматизации математических расчетов MATLAB и пакет моделирования динамических систем Simulink, входящий в состав расширенных версий MATLAB. Данный пакет позволил решить всю совокупность задач различными способами: от использования режима командной строки, до использования пакета моделирования систем Simulink.

Перечень сокращений

|  |  |
| --- | --- |
| CАУ | - система автоматического управления |
| САР  | - система автоматического регулирования |
| СУ | - система управления |
| ТАУ | - теория автоматического управления |
| ЭДС | - электродвижущая сила |
| ODE  | - ordinary differential equations |

Введение

При попытке дать качественную и количественную оценку того или иного явления природы всякий исследователь использует наблюдения и измерения. Опираясь на наблюдения, ученый строит физическую модель исследуемого явления, на основе которой создается теория, которая содержит в себе представление об исследуемом явлении. Руководствуясь результатами выполненных измерений, исследователь либо опровергает, либо подтверждает выдвинутые им утверждения.

Особое значение при описании закономерностей функционирования систем имеют математические аналитические модели динамических объектов, дающие наиболее общее описание представляемого поведения системы. Процедуру построения модели принято называть идентификацией. При этом задача идентификации системы в самом широком смысле сводится к определению структуры и параметров систем по наблюдениям.

Наиболее часто используется идентификация в режиме нормальной работы. По наблюдаемым входным воздействиям и выходным величинам объекта подбираются параметры настраиваемой модели, обеспечивающие экстремум некоторого критерия, характеризующего качество идентификации. Изменение параметров настраиваемой модели осуществляется при помощи адаптивных устройств, реализующих алгоритм идентификации.

Решение задачи оценивания параметров может быть основано как на активных экспериментах, так и на наблюдениях над исследуемым объектом. При построении модели используется связь между априорной информацией о структуре и апостериорной информацией об измерениях.

В данной курсовой работе проиллюстрирован процесс построения модели на основе использования физических законов с последующей линеаризацией и преобразованием к системе обыкновенных дифференциальных уравнений.

Построение аналитической модели и ее анализ

Исходные данные (рисунок 1):



Рисунок 1 - Электрическая RLC - цепь

Параметры составляющих ее компонент (таблица 1):

Таблица 1 - Параметры электрической цепи

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1,Ом | R2 ,Ом | R3,Ом | R4,Ом | C,Ф | L, Гн | Е, В |
| 4 | 4 | 4 | 6 | 1/25 | 1/7 | 30 |

Для построения модели выбираем вектор переменных состояния:

 (1)

Так как , то , а , то .

Уравнения состояния в матричной форме в общем виде для приведенной электрической цепи можно записать

так:,.

Коэффициенты матриц будем определять методом наложения при рассмотрении эквивалентной резистивной схемы, представленной на рисунке 2.



Рисунок 2 - Эквивалентная резистивная схема

Запишем систему (2) в координатной форме, из которой определим коэффициенты матриц A и B.

 (2)

Для определения коэффициентов матрицы A (коэффициенты матрицы A определяются только топологией электрической цепи и параметрами ее компонент) полагаем внешнее воздействие равное нулю, т.е. все процессы в цепи будут протекать за счет энергии, запасенной в электрическом поле конденсатора и магнитном поле катушки [1].

 (3)

Для моделирования такого режима необходимо в эквивалентной резистивной схеме закоротить источник э.д.с. u1 = E = 0. А для определения коэффициента a11 матрицы A исключить источник тока x2 = iL = 0. Соответственно из первого уравнения системы (3) получим, при условии: E = 0, iL = 0.

Для измененной схемы определяем и подставляем в выражение для a11 . В результате получим:

 (4)

Для определения коэффициента a12 матрицы A восстанавливаем источник тока, но замыкаем источник э. д. с.: x1 = uc = 0. Соответственно из первого уравнения системы (3) получим: , где . При условии: E = 0, uc = 0. Для измененной схемы определяем  iL и подставляем в выражение для a12. В результате получим:

 (5)

Для определения коэффициента a21 матрицы A в эквивалентной резистивной схеме закоротить источник э.д.с. u1 = E = 0 и исключаем источник тока x2 = iL = 0 [1].

Соответственно из второго уравнения системы (3) получим:

 (6)

При условии: E = 0; iL = 0.

Для измененной схемы определяем , для этого находим  и подставляем в . Получим: .

Тогда:

 (7)

Для определения коэффициента a22 матрицы A в эквивалентной резистивной схеме закоротить источник э.д.с. u1 = E = 0, восстанавливаем источник тока, но замыкаем источник э. д. с.: x1 = uc = 0. Соответственно из второго уравнения системы (3) получим:

 (8)

Для измененной схемы определяем: . Тогда:

. (9)

Определение коэффициентов матрицы B (коэффициенты матрицы B определяют вклад входных величин в баланс токов и напряжений) предполагает исключение источника тока x2 = iL = 0, замыкание источника э. д. с. x1 = uc = 0 и сохранение источника u1 = E. Тогда для определения коэффициента b11 матрицы B в первом уравнении системы (3) полагаем x1 = uc = 0, x2 = iL = 0. Получим:

, (10)

но ic =0 при любом Е, т. к. ветвь с источником тока разомкнута, то b11 =0 [2].

Для определения коэффициента b21 матрицы B во втором уравнении системы (3) полагаем x1 = uc = 0, x2 = iL = 0, что предполагает исключение источника тока x2 = iL = 0, замыкание источника э. д. с. x1 = uc = 0 и сохранение источника u1 = E [2]. Получим:

 (11)

Напряжение на участке исключенного источника тока uL = Е, т. к. тока в разомкнутой цепи нет, то следовательно нет падения напряжения на активных сопротивлениях.

 (12)

После получения всех коэффициентов матриц A и B можно записать систему (3) для полученных коэффициентов:

 

 (13)

Подставляя в полученную систему численные значения параметров компонент, согласно исходной схеме, получим.

В координатной форме полученная система имеет вид:



Возвращаясь к первоначальным переменным x1 = uc; x2 = iL , можно записать в общем виде для заданной электрической цепи следующую систему уравнений в форме Коши, которую необходимо решить и выполнить анализ динамического процесса [2].



Анализ динамических процессов в системе на основе использования построенной аналитической модели

После получения динамической модели изучаемой системы в виде системы дифференциальных уравнений, записанных в форме пространства состояний, необходимо выполнить анализ динамических процессов протекающих в системе. Для выполнения этой задачи следует найти решение системы уравнений, т.е. найти аналитическое выражение - функцию, отражающую закон, согласно которому изменяются переменные состояния во времени. Получив закон, можно определить характер динамических процессов, протекающих в системе.

Для нахождения решения системы:

 (14)

используем матрично-векторное соотношение

 (15)

имеющее место при нулевых начальных условиях и внешнем воздействии f0 в виде вектора с постоянными компонентами.

Сначала находим А-1 по известной А:

>> A=[-1.79 7.14;-2 -48]=

-1.7900 7.1400

-2.0000 -48.0000

>> inv(A)=

-0.4790 -0.0713

0.0200 -0.0179

Получаем:



Далее находим матричную экспоненту exp(Аt), составив предварительно характеристическое уравнение системы (14) и найдя его корни [3].

>> poly(A)=

1.0000 49.7900 100.2000

Полученный полином будет определяться выражением .

Соответственно, его корни будут равны:

>> A=[-1.79 7.14;-2 -48];

>> [D]=eig(A)=

-2.1011

-47.6889

Следовательно: 

Результат вычислений позволяет сделать вывод о апериодическом характере переходного процесса и устойчивости системы, необходимым и достаточным условием которой является отрицательность корней характеристического уравнения.

Для вычисления матричной экспоненты используется формула Сильвестра:

 . (16)

Для системы (14) можно записать экспоненту:

 (17)



Подставляя все полученные данные в соотношение (15) приходим к следующему выражению:



Выполнения действия над матрицами при помощи пакета MatLab:

>> t=sym('t') =

>> A=[1.007.\*exp(-2.1011.\*t)-0.007.\*exp(-47.688.\*t) 0.157.\*exp(-2.1011.\*t)-0.157.\*exp(-47.688.\*t);-0.044.\*exp(-2.1011.\*t)+0.044.\*exp(-47.688.\*t) -0.007.\*exp(-2.1011.\*t)+1.007.\*exp(-47.688.\*t) ] =

[1007/1000\*exp(-21011/10000\*t)-7/1000\*exp(-5961/125\*t), 157/1000\*exp(-21011/10000\*t)-157/1000\*exp(-5961/125\*t)]

[-11/250\*exp(-21011/10000\*t)+11/250\*exp(-5961/125\*t), -7/1000\*exp(-21011/10000\*t)+1007/1000\*exp(-5961/125\*t)]

>> B=[1 0;0 1]=

1 0

0 1

>> D=A-B =

[ 1007/1000\*exp(-21011/10000\*t)-7/1000\*exp(-5961/125\*t)-1, 157/1000\*exp(-21011/10000\*t)-157/1000\*exp(-5961/125\*t)]

[ -11/250\*exp(-21011/10000\*t)+11/250\*exp(-5961/125\*t), -7/1000\*exp(-21011/10000\*t)+1007/1000\*exp(-5961/125\*t)-1]

>> C=[-0.4790 -0.0713;0.02 -0.0179]=

-0.4790 -0.0713

0.0200 -0.0179

>> K=C\*D =

[ -2396079/5000000\*exp(-21011/10000\*t)+1079/5000000\*exp(-5961/125\*t)+479/1000, -747039/10000000\*exp(-21011/10000\*t)+34039/10000000\*exp(-5961/125\*t)+713/10000]

[ 52319/2500000\*exp(-21011/10000\*t)-2319/2500000\*exp(-5961/125\*t)-1/50, 32653/10000000\*exp(-21011/10000\*t)-211653/10000000\*exp(-5961/125\*t)+179/10000]

>> F=[0;210]=

0

210

>> L=K\*F =

/1000000\*exp(-21011/10000\*t)+714819/1000000\*exp(-5961/125\*t)+14973/1000

685713/1000000\*exp(-21011/10000\*t)-4444713/1000000\*exp(-5961/125\*t)+3759/1000

После выполнения действий над матрицами получим следующее решение системы:

.

Для построения графиков функций x1(t) и x2(t) выполним команду plot в режиме командной строки.

>> t=0:0.1:12.54;

>> x=-15.688.\*exp(-2.1011.\*t)+0.715.\*exp(-47.688.\*t)+14.973;

>> plot(t,x)



Рисунок 3 - График функции x1(t)

>> t=0:0.1:12.54;

>> x=0.686.\*exp(-2.1011.\*t)-4.445.\*exp(-47.688.\*t)+3.759;

>> plot(t,x)



Рисунок 4 - График функции x2(t)

Результат моделирования, отражающий динамический процесс представлен на рисунке 1 и рисунке 2 (изменения во времени переменных состояния системы x1(t) и x2(t) носят апериодический характер).

Для системы (14) напишем текст программы, для этого в меню File окна системы MATLAB выполним команду New m-file и в открывшемся окне редактора/отладчика m-файлов наберем текст файл-функции, который будет таким [4].

Моделирование с использованием солверов

В MATLAB имеется целый ряд встроенных функций, предназначенных для решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Библиотека включает несколько функций, реализующих различные методы решения задачи Коши ode (ordinary differential equations).

Для системы (14) число жесткости мало, поэтому можем выбрать солвер ode 45 и решить задачу Коши для системы (14).

Составим файл-функцию для вычисления правых частей системы дифференциальных уравнений (14). Она должна содержать два входных аргумента (переменную t, по которой производится дифференцирование, и вектор с числом элементов, равным числу неизвестных функций системы) и один выходной аргумент (вектор правой части системы) [5].

Для системы (14) напишем текст программы, формата m-файлов. Наберем текст файл-функции.

F=difur(t,x)=[-1.79\*x(1)+7.14\*x(2);-2\*x(1)-48\*x(2)+210];

Для вычисления решения системы на интервале [0, 10] используем командную строку. С учетом начальных условий, обращение к функции ode 45 будет иметь следующий вид. Начальные условия: x1 (0) = 0; x2 (0) = 0.

>> [t, x]=ode45('difur',[0 10],[0;0])

Решение исходной системы (14) в виде числовых массивов. Результаты решения системы в виде массивов аргумента t и искомых функций x.

Для отображения графика исходной системы дифференциальных уравнений (14) необходимо в режиме командной строки выполнить команду plot:

>> plot(t,x(:,1),'r',t,x(:,2),'k--')

На рисунке 5 приведена экранная форма графика решения заданной системы уравнений (14) x1(t), x2(t).

Графики интерпретируют изменение во времени величины функции:  (сплошная кривая) и величины функции  (пунктирная кривая).

Как видно из графиков временных зависимостей, процесс асимптотически приближается к установившемуся состоянию с принужденной составляющей x1(t)= x1 =0 и x2(t)= x2 = -3.



Рисунок 5 - Графики решения системы дифференциальных уравнений

Сравнение полученных графиков с ранее построенными x1(t) и x2(t) (Рис. 3,4) при моделировании в режиме командной строки свидетельствует о идентичности результатов, полученных при использовании различных способов взаимодействия с программой при реализации ее широких возможностей [5].

Моделирование с использованием пакета расширения Symbolic Math Tolbox

дифференциальный уравнение коши моделирование

Для решения дифференциальных уравнений в форме Коши MATLAB имеет функцию dsolve - возвращает аналитическое решение системы дифференциальных уравнений с начальными условиями.

По умолчанию в качестве независимой переменной задается переменная t. Можно использовать и другую переменную, добавив ее в конце списка параметров функции dsolve. Символ D обозначает производную по независимой переменной, D2 означает вторую производную и т. д.

Начальные условия задаются в виде равенств ‘y(a)=b’, ‘Dy(a)=b’ , где y - независимая переменная, a и b- константы [6]. Если число начальных условий меньше, чем число дифференциальных уравнений, то в решении будут присутствовать произвольные постоянные С1, С2, и т. д.

>> S=dsolve('Df=-1.79\*f+7.14\*g','Dg=-2\*f-48\*g+210','f(0)=0','g(0)=0')=

f: [1x1 sym]

g: [1x1 sym]

>> S.f=

/400\*exp(1/200\*(-4979+20782441^(1/2))\*t)\*(7789313/13882670588\*20782441^(1/2)-1253/668)-1/400\*exp(1/200\*(-4979+20782441^(1/2))\*t)\*(7789313/13882670588\*20782441^(1/2)-1253/668)\*20782441^(1/2)-4621/400\*(-7789313/13882670588\*20782441^(1/2)-1253/668)\*exp((-4979/200-1/200\*20782441^(1/2))\*t)+1/400\*(-7789313/13882670588\*20782441^(1/2)-1253/668)\*20782441^(1/2)\*exp((-4979/200-1/200\*20782441^(1/2))\*t)+2499/167

>> S.g = (1/200\*(-4979 +20782441^(1/2))\*t) \* (7789313/13882670588 \*20782441^(1/2)-1253/668)+(-7789313/13882670588\*20782441^(1/2)-1253/668)\*exp((-4979/200-1/200\*20782441^(1/2))\*t)+1253/334

Окончательно будем иметь следующее решение:

.

Для построения графиков функций x1(t) и x2(t) выполним команду plot в режиме командной строки [7,8].

>> t=0:0.02:5;

>> x=-15.688.\*exp(-2.1011.\*t)+0.715.\*exp(-47.688.\*t)+14.973;

>> plot(t,x)



Рисунок 6 - График функции x1(t)

дифференциальный уравнение коши моделирование

>> t=0:0.02:5;

>> x=0.686.\*exp(-2.1011.\*t)-4.445.\*exp(-47.688.\*t)+3.759;

>> plot(t,x)



Рисунок 7 - График функции x2(t)

Полученные графики полностью совпадают с графиками, полученными моделированием в режиме командной строки и с использованием встроенных средств.

Для построения Simulink-модели системы (14) нам необходимы следующие библиотеки: , содержащую блок интегрирования integrator; , содержащую блоки масштабирования и суммирования gain и sum; , содержащую блоки виртуальных регистраторов scope:, содержащую блоки единичного скачка step.

На рисунке 8 представлена структурная схема модели системы, при требуемых параметрах для системы.



Рисунок 8 - Структурная схема Simulink - модели системы.

После редактирования параметров блоков выполним запуск процесса моделирования. Результат моделирования, отражающий движение системы, представлен на рисунках 9, 10 (изменения во времени переменных состояния системы x1(t) и x2(t)).



Рисунок 9 - График функции x1(t)



Рисунок 10 - График функции x2(t)

Полученные графики полностью совпадают с графиками, полученными моделированием в режиме командной строки, с использованием встроенных средств и с использованием пакета расширения Symbolic Math Tolbox [9].

Заключение

Использование при исследовании моделей систем управления, описываемых дифференциальными уравнениями, широких возможностей системы автоматизации математических расчетов MATLAB и пакет моделирования динамических систем Simulink, входящий в состав расширенных версий MATLAB, позволяет решать всю совокупность задач различными способами: от использования режима командной строки, до использования пакета моделирования систем Simulink.

Такое многообразие методик открывает перед пользователем большие возможности при решении задач идентификации: от выполнения хорошо формализуемого оценивания параметров модели до решения задач идентификации в широком смысле. А также выполнять анализ динамических процессов, протекающих в системе, на основе изучения построенных моделей.

Список литературы

Пюкке Г.А. Идентификация и диагностика систем / Г.А. Пюкке. - Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.

Горбацевич Е.Д., Левинзон Ф.Ф. Аналоговое моделирование систем управления / Е.Д. Горбацевич, Ф.Ф. Левинзон. - М.: Наука, 1984.

Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматичексого управления с примерами в системе Matlab / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков. - Спб: Наука, 1999.

Смоленцев Н.К. Matlab. Программирование на Visual C#, Borland JBuilder, VBA / Н.К. Смоленцев. - СПб.: Питер, 2009.

Мартынов Н.Н. Введение в MATLAB 6 / Н.Н. Мартынов. -М.: Кудиц-Образ, 2002.

Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB / А.В. Кривилев. - М.: Лекс-Книга, 2005.

Потемкин В.Г. Вычисления в среде MATLAB / В.Г. Потемкин. - М.: Диалог-МИФИ, 2004.

Ануфриев И.Е. Самоучитель MATLAB 5.3/6.x / И.Е. Ануфриев. - СПб.: БХВ-ПЕтербург, 2002.

Кондрашов В.Е., Королев С.Б. MATLAB как система программирования научно-технических расчетов / В.Е. Кондрашов, С.Б. Королев. - М.: Мир, 2002.

Бобцов А.А., Лямин А.В., Чежин М.С. Операторный метод анализ и синтеза линейных систем управления / А.А. Бобцов, А.В. Лямин, М.С. Чежин. - СПб, 2001.

Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / В.Л. Бройдо. - Спб.: Питер, 2001.

Егоров А.И. Основы теории управления / А.И. Егоров.- М.: Физматлит, 2004.

Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. - М.: Физматлит, 2003.

Лазарев Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Линейные системы автоматического регулирования / Т.Я. Лазарев, Ю.Ф. Мартемьянов. - Изд-во. Тамбов. гос. тех. ун-та, 2001.

Мирошник И.В., Никифиров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами / И.В. Мирошник, В.О. Никифоров, А.Л. Фрадков. - СПб.: Наука, 2000.

Музыкин С.Н., Родинова Ю.М. Моделирование нелинейных систем с использование белошумовой идентификации / С.Н. Музыкин, Ю.М. Родинова. - М.: Можайский полиграф. комбинат, 1999.

Острейковский В.А. Моделирование систем / В.А. Острейковский. - М.: Наука, 1997.

Пантелеев А.В. Теория управления в примерах и задачах / А.В. Пантелеев. - М.: Высшая школа, 2003.

Певзнер Л.Д. Теория систем управления / Л.Д. Певзнер. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002.

Подкучаев В.А. Аналитические методы теории автоматического управления / В.А. Подкучаев. - М.: Физматлит, 2002.

Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Угрюмов. - Спб.: БХВ- Петербург, 2002.

Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор. - М.: Лаборатория Базовых Знания, 2001.