Федеральное агентство по образованию

Филиал государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» филиал в г. Сызрани

Кафедра электротехники, информатики и компьютерных технологий

КУРСОВАЯ РАБОТА по дисциплине « Теория автоматического управления»

Тема : «Система автоматического регулирования давления в ресивере».

2008 год

**Содержание**

Техническое задание

Введение

1. Построение структурной схемы нескорректированной системы и определение передаточных функций её звеньев

2. Оценка точности и анализ качества исходной системы

3. Построение логарифмических амплитудно-частотных характеристик для исходной системы, желаемой и корректирующего звена

4. Синтез последовательного корректирующего устройства

5. Оценка точности и качества скорректированной системы с учётом ограничений выходного сигнала регулятора путём моделирования

Заключение

Библиографический список использованной литературы

**Техническое задание**

Техническое задание включает в себя сведения о принципе действия нескорректированной системы автоматического регулирования (САР), ее функциональную схему, параметры всех звеньев системы, характеристики входных и возмущающих воздействий, показатели качества проектируемой САР.

Для САР приводятся ограничение выходного сигнала электронного усилителя, требуемое значение выходного сигнала, максимальная относительная ошибка системы ν (в %), допустимое относительное перерегулирование σ (в%).

Требуется спроектировать следящую систему автоматического регулирования, удовлетворяющую заданным условиям. Исходная система состоит из набора неизменяемых устройств, необходимо рассчитать корректирующие устройства.

Давление в данной системе контролируется с помощью сильфонного датчика 3, выходная величина которого - перемещение *Хс* сильфона 5 однозначно зависит от разности сил*,* где F*р -* сила, создаваемая давлением *Р; Fо -* сила натяжения пружины *6,* которое можно изменять винтом 7. Перемещение сильфона *Хс* с помощью потенциометрического преобразователя 4 преобразуется в электрический сигнал – напряжение U, которое усиливается электронным усилителем 8.



Выходной сигнал усилителя *U,* управляет электромагнитным приводом 9, связанным с заслонкой 2.

В данной САР сильфонный датчик выполняет функции воспринимающего, задающего и сравнивающего органов. Как воспринимающий орган он контролирует давление *Р,* преобразуя его в силу *Fр.* Задание требуемого давления в ресивере обеспечивается посредством силы *Fо.* Как сравнивающий орган сильфон обеспечивает сравнение величин *Fо и Fр,в* результате чего получается - сигнал рассогласования .



Динамические свойства объекта регулирования и элементов САР описываются следующей системой уравнений:

*F р =кВ р-* воспринимающий орган

- сравнивающий орган



-ресивер



*-* сильфон



- потенциометрический преобразователь



*-* усилитель



- электромагнитный привод совместно с заслонкой



Выходной сигнал электронного усилителя ограничен уровнем 48 В. Требуемое значение давления *Р=500 кПа.*

Результатом курсового проектирования должна быть скорректированная система параметры которой соответствуют параметрам, приведённым в задании.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Задание  вариант | To | ko | T1 | T2 | kc | kв | kQ |  | kП | ky | T3 | k3 | ν | σ |
| c |  | c | c |  |  |  |  |  |  | c |  | % | % |
| 4-9 | 0.7 | 6 | 0.4 | 0.025 | 2.5 | 0.5 | 200 | 0.13 | 0.2 | 26 | 0.01 | 2 | 2 | 5 |

**Введение**

Задача синтеза системы автоматического регулирования заключается в выборе такой её структуры, параметров, характеристик и способов их реализации, которые при заданных ограничениях наилучшим образом удовлетворяют требованиям, предъявленным к системе.

Заданная часть проектируемой системы является исходной или нескорректированной САР. Параметры ее основных функциональных элементов известны. В такой постановке задача проектирования сводится к определению корректирующего устройства, обеспечивающего заданные показатели качества системы.

Наиболее простым, наглядным и хорошо разработанным инженерным методом синтеза САР является метод логарифмических амплитудных частотных характеристик (ЛАЧХ). Его идея основана на однозначной связи между переходным процессом в системе и ее ЛАЧХ. Исходя из этого, по заданным динамическим показателям и точности сначала строится желаемая ЛАЧХ, а затем путем графического построения осуществляется приближение к ней частотных характеристик исходной системы. В результате такой процедуры определяется ЛАЧХ корректирующего устройства.

Для синтеза САР необходимо выполнить ряд следующих задач:

1. Построение структурной схемы нескорректированной системы и определение передаточных функций её звеньев.

2. Оценка точности и анализ качества исходной системы (запаса устойчивости и быстродействия) с использованием пакета Control System Toolbox.

3. Построение желаемой ЛАЧХ.

4. Определение желаемых передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы. Оценка показателей качества желаемой системы с использованием математического пакета МatLab.

5. Синтез последовательного корректирующего устройства (регулятора).

6. Реализация корректирующего устройства в виде аналогового и цифрового регуляторов

7. Оценка точности и качества скорректированной системы с учетом ограничений выходного сигнала регулятора путём моделирования с помощью пакета SIMULINK.

8. Построение и описание функциональной схемы скорректированной системы (с приведением параметров САР и её показателей качества).

**1. Построение структурной схемы нескорректированной системы и определение передаточных функций её звеньев**.

По заданной функциональной схеме (рис.1) составим структурную схему исходной системы . Она изображена на рис.2 :

Будем считать , что все звенья системы линейны . Таким образом , в рассматриваемой системе отпадает необходимость линеаризации и можно сразу приступить к определению передаточных функций динамических звеньев на основе их дифференциальных уравнений.

Запишем в общем виде передаточные функции каждого звена системы :

Прямой канал

ПФ сильфона :



ПФ потенциометрического преобразователя :



ПФ усилителя :



ПФ электромагнитного привода совместно с заслонкой



Ресивер является одновременно объектом регулирования и возмущающим воздействием , поэтому представим его в виде двух блоков с передаточными функциями :

;



;



Обратный канал

ПФ воспринимающего органа :



Передаточная функция двигателя записана в общем виде . Для определения типа сильфона исследуем его на колебательность , проверив следующее условие : .



Если оно выполняется , то сильфон является апериодическим звеном второго порядка , если не выполняется – колебательным звеном.

Для этого подставим значения Т 2 и Т1 из таблицы 1 в данное условие :

отсюда



Мы видим , что условие выполняется , значит сильфон является апериодическим звеном второго порядка и его ПФ может быть записана в виде:



Для нахождения коэффициентов и воспользуемся соотношениями



Решим систему из двух линейных уравнений :



В результате получим и решим квадратное уравнение:



В итоге получаем :

;



Сделаем проверку :



Найдём передаточную функцию разомкнутой системы исходя из передаточных функций её звеньев и структурной схемы нескорректированной системы ( рис.2) ;



Подставим в выражение численные значения коэффициентов и получим следующее :



**2. Оценка точности и анализ качества исходной системы**

Приведём систему к единичной обратной связи , тогда структурная схема нескорректированной системы приведённой к единичной обратной связи будет иметь вид:

Тогда передаточная функция замкнутой системы принимает вид:



Найдём ошибку системы , величина которой равна



Ошибка по входу будет равна :



Ошибка по возмущению будет равна :



Общая ошибка будет равна :



Далее для оценки свойств системы воспользуемся пакетом прикладных программ

Control System Toolbox математического пакета MatLab.

Занесём в tf-форме передаточную функцию разомкнутой исходной системы в MatLab , обозначив её через Wr , для этого сначала введём передаточные функции звеньев и найдём их произведение :

>> w1=tf([78],[0.0016,1])

Transfer function:

78

------------

0.0016 s + 1

>> w2=tf([1],[0.3985,1])

Transfer function:

1

------------

0.3985 s + 1

>> w3=tf([1],[0.01,1])

Transfer function:

1

----------

0.01 s + 1

>> w4=tf([1],[0.7,1])

Transfer function:

1

---------

0.7 s + 1

>> Wr=w1\*w2\*w3\*w4

Transfer function:

78

-------------------------------------------------------

4.463e-006 s^4 + 0.003253 s^3 + 0.2917 s^2 + 1.11 s + 1

Далее строим логарифмические амплитудные характеристики :

>> margin(Wr);grid on

Для определения устойчивости замкнутой системы автоматического управления построим годограф Найквиста от разомкнутой системы с помощью средств MatLab.(рис.5)

>> nyquist(Wr);grid on

Точка с координатами (0;-j) охватывается годографом, следовательно исходная система не устойчива.

Чтобы оценить время переходного процесса и относительное перерегулирование , введём в нашу модель единичную обратную связь и построим график переходного процесса замкнутой исходной системы (рис.6)

>> f=tf([1])

Transfer function:

1

>> W=feedback(Wr,f)

Transfer function:

78

--------------------------------------------------------

4.463e-006 s^4 + 0.003253 s^3 + 0.2917 s^2 + 1.11 s + 79

>> step(W);grid on

Из графика (рис.6) видно , что время перехода равно 15 секунд , подобная скорость переходного процесса приемлема , но не желательна .

Относительное перерегулирование составляет приблизительно , что является слишком большим значением и превышает допустимое по условию задания (σ =5 %).



Оценив характеристики исходной системы , делаем вывод о том , что система требует доработки в виде дополнительного корректирующего устройства (регулятора)

5. Построение логарифмических амплитудно-частотных характеристик для исходной системы, желаемой и корректирующего звена .

Для построения ЛАЧХ используется стандартная сетка ,. По оси абсцисс откладывается угловая скорость в логарифмическом масштабе , т.е. наносятся отметки , соответствующие , а около отметок пишется само значение частоты в рад/с . Выбираем длину , равную 50мм . По оси ординат откладывается модуль в дБ.



Построим для нашей исходной системы так называемую асимптотическую ЛАЧХ ( см. приложение), представляющую собой совокупность отрезков прямых линий снаклонами , кратными величине 20 дБ/дек, а точки перегибов соответствуют десятичным логарифмам частот , равных величинам , обратным постоянным времени из передаточной функции.

Для построения исходной ЛАЧХ будем использовать передаточную функцию



; ;



Начальный уровень исходной ЛАЧХ будет равен :



Для построения желаемой ЛАЧХ необходимо найти желаемый передаточный коэффициент:

;



Из построенной желаемой ЛАЧХ определяем передаточную функцию разомкнутой желаемой системы :

,



Для построения ЛАЧХ корректирующего звена вычтем из желаемой ЛАЧХ исходную.

Передаточная функция регулятора имеет вид (см. приложение):

, где



где, ; (см. приложение)



Произведём оценку точности и анализ качества скорректированной системы с помощью математического пакета МatLab.

>> g1=tf([49],[1,0])

Transfer function:

49

--

s

>> g2=tf([1],[0.01,1])

Transfer function:

1

----------

0.01 s + 1

>> g3=tf([1],[0.0016,1])

Transfer function:

1

------------

0.0016 s + 1

>> Gr=g1\*g2\*g3\*g3

Transfer function:

49

-----------------------------------------------

2.56e-008 s^4 + 3.456e-005 s^3 + 0.0132 s^2 + s

>> margin(Gr);grid on

Запас по амплитуде увеличился почти в 9 раз и теперь составляет 17,3 дБ , запас по амплитуде составляет 57,8 градуса .

Введём в систему отрицательную обратную связь и оценим переходный процесс.

>> f=tf([1])

Transfer function:

1

>> G=feedback(Gr,f)

Transfer function:

----------------------------------------------------

2.56e-008 s^4 + 3.456e-005 s^3 + 0.0132 s^2 + s + 49

>> step(G);grid on

Из графика (рис.8)видно , что время перехода равно 0,15 секунды , а перерегулирование составляет примерно % , что не превышает заданных 5 %.



Проверим систему на устойчивость при помощи построения годографа Найквиста :

>> nyquist(Gr);grid on

Оценив характеристики скорректированной системы , делаем вывод :

сходящийся колебательный процесс (рис.8) и годограф Найквиста (рис.9) , не охватывающий точку (0,-j) свидетельствуют об устойчивости системы.

**4. Синтез последовательного корректирующего звена**

Структурная схема САУ при последовательной коррекции изображена на рис.10, где приняты следующие обозначения : W(s)-передаточная функция исходной системы ;

Wk(s)- передаточная функция корректирующего устройства .

Полагая , что передаточная функция скорректированной системы Wск(s) равна желаемой передаточной функции Wж(s) , можно записать



Реализация аналогового регулятора на пассивных RC-цепях.

Передаточная функция корректирующего звена имеет вид:



Т.к. , то данная ПФ может быть реализована при помощи схемы , изображённой на рис.11.



Произведём расчёт сопротивлений и ёмкости , а так же коэффициента усиления дополнительного усилителя . Расчёт устройства производится по соотношениям :

;



Пусть ёмкость конденсатора равна 10 мкФ ( модель К15П-1)



По таблице номиналов выбираем близкие по значению резисторы модели С1-1 R1=39кОм , R2=160Ом



Чтобы сделать коэффициент регулятора равным 2,02 , подберём коэффициент усиления дополнительного усилителя Куд=112.

Найдём постоянные времени с учётом номиналов найденных реальных конденсатора и резисторов :



Таким образом передаточная функция регулятора примет вид :



Реализация активного корректирующего звена на ОУ.

Принципиальная схема регулятора на ОУ приведена на рис.12.

Расчёт устройства производится по соотношениям :



Примем R1=10 кОм , тогда



По таблице номиналов выбираем близкие по значению резисторы модели С1-1 и конденсаторы модели К15П-1 :

R2= 4,7 кОм ; С2= 0,33мкФ ; С1= 39мкФ

Цифровой регулятор может быть получен из передаточной функции корректирующего устройства путём перевода её в дискретную форму с помощью аппроксимации Тустена и последующей записи разностного уравнения .

В схеме изображённой на рис.13 сигнал , поступающий в АЦП (аналого-цифровой преобразователь) преобразуется из аналоговой формы в цифровую ( дискретную) путём квантования непрерывной величины по времени ,затем сигнал поступает в D(z) (цифровая вычислительная машина),где производятся вычисления согласно разностному уравнению , после чего сигнал поступает в ЦАП ( цифровой аналоговый преобразователь), где преобразуется из цифровой в аналоговую форму

Период дискретности примем равным 0,0008с., т.е. Тs=0,0008 c.

>> Wk=tf([0.563479,2.21897,2.02],[0.0016,1,0])

Transfer function:

0.5635 s^2 + 2.219 s + 2.02

---------------------------

0.0016 s^2 + s

>> Wkd=c2d(Wk,0.0008,'tustin')

Transfer function:

282.2 z^2 - 563.5 z + 281.3

---------------------------

z^2 - 1.6 z + 0.6

Sampling time: 0.0008

Преобразуем функцию в dsp-форму :

>> W=filt([282.2,-563.5,281.3],[1,-1.6,0.6],0.0008)

Transfer function:

282.2 - 563.5 z^-1 + 281.3 z^-2

-------------------------------

1 - 1.6 z^-1 + 0.6 z^-2

Sampling time: 0.0008

Получили передаточную функцию цифрового регулятора :



Теперь можно записать разностное уравнение в общем виде:



перемножив получим следующее:



Отсюда получаем следующее уравнение



Данное уравнение реализуется в виде компьютерной программы , и используется для управления цифровым контроллером ,который в свою очередь реализует коррекцию системы.

**Заключение**

В результате выполнения курсовой работы была выполнена задача синтеза корректирующего звена для исходной САР.

Для этого были решены следующие задачи: построена структурная схема нескорректированной системы и определены передаточные функции её звеньев, произведена оценка точности и анализ качества исходной системы (запаса устойчивости и быстродействия) с использованием пакета Control System Toolbox.

Также была построена желаемая ЛАЧХ, определены желаемые передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем, после чего была произведена оценка показателей качества желаемой системы с использованием математического пакета MATLAB и синтез последовательного корректирующего устройства (регулятора), реализация корректирующего устройства в виде аналогового (активная и пассивная коррекции) и цифрового регуляторов , а также построение и описание функциональной схемы скорректированной системы (с приведением параметров САР и её показателей качества).

Физическая схема скорректированной САР приведена на рис. 22.

Спроектированная система автоматического регулирования устойчива и обладает показателями качества ,соответствующими требуемым в задании :перерегулирование 4 % .



**Список используемой литературы**

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического управления - Изд.. 4-е, перераб. И доп. - СПб, Изд-во «Профессия», 2003

2. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для втузов. -2-е изд., перераб. И доп. - СПб.: Политехника, 2003. - 302с: ил.

3. Синтез следящей системы автоматического управления: Метод. Указания к курсовой работе. Сост. В.И. Будин, О.Б. Сигова, - Самара, СамГТУ, 2003.-20с.

4. Медведев В.С„ Потёмкин В.Т.Control System Toolbox. Matlab5 для студентов. - М.: ДИАЛОГ - МИФИ, 1999. - 287 с.

5. Лазарев Ю. Ф. Matlab5. х. - К.: Издательская группа ВНV, 2000. - 384с.

6. Дьяконов В.П. Simulink 4. Специальный справочник. - СПб: Питер, 2002. - 528с: ил.

7. Макаров И.М ., Менский Б.М. Линейные автоматические системы(справочный материал) -2-е изд., -М.: Машиностроение , 1982.-504с.,ил.

8. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы.-

М.: ФИЗМАТЛИТ , 2003.-288 с.