Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Белорусский государственный аграрный технический университет

Кафедра автоматизированных систем управления производством

КУРСОВАЯ РАБОТА

по “Основам автоматики”

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В АГРЕГАТЕ АВМ

Вариант 14

Студента гр. 22 зэпт

Юркевич Е.Г.

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

МИНСК 2008

Оглавление

Задание 3

1. Характеристика объекта управления, описание устройства и работы САР, составление ее функциональной схемы. Принцип автоматического управления и вид системы 5

2. Составление структурной схемы системы автоматического регулирования температуры теплоносителя в агрегате АВМ 7

3. Определение закона регулирования системы 10

4. Определение передаточных функций системы по управляющему и возмущающему воздействию и для ошибок по этим воздействиям 11

5. Определение запасов устойчивости системы. Анализ устойчивости системы 14

6. Анализ зависимости статической ошибки системы от изменения управляющего воздействия на систему 17

7. Совместный анализ изменения управляемой величины объекта управления и системы от возмущающего воздействия в статике. Определение статической ошибки системы по возмущающему воздействию 17

8. Оценка качества управления по переходным функциям 18

Общие выводы по работе 23

Литература 24

Задание

Цель работы: закрепление базовых знаний по курсу «Основы автоматики» на примере проведения анализа системы автоматического регулирования.

Задание:

Дать краткую характеристику объекта управления, описать устройство и работу системы, составить ее функциональную схему. Сделать вывод о принципе автоматического управления, используемом в системе в виде системы.

Составить структурную схему системы.

Определить закон регулирования системы.

Определить передаточные функции системы по управляющему, возмущающему воздействиям и для ошибок по этим воздействиям.

Выполнить анализ устойчивости системы по критериям Гурвица и Найквиста. Определить запасы устойчивости.

Проанализировать зависимость статической ошибки от изменения управляющего воздействия на систему. Сделать вывод о характере этой зависимости.

Провести совместный анализ изменения управляемой величины объекта управления и системы от возмущающего воздействия в статике. Дать их сравнительную оценку. Определить статическую ошибку системы по возмущающему воздействию.

Оценить качества управления по переходным функциям.

Сделать общие выводы по работе.

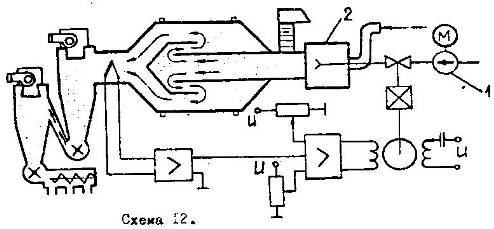


Рис.1 САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ.

Таблица 1 исходные данные.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| схема | К1 | К2 | Т1,с | Кд | Тд,с | Ку | Кдв | Кр | Кв | Тдв,с |
| 12 | 30 | 1 | 80 | 1 | 4 | 4 | 0,025 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |

1. Характеристика объекта управления, описание устройства и работы САР, составление ее функциональной схемы. Принцип автоматического управления и вид системы

Объектом управления рассматриваемой САР является агрегат АВМ. Регулируемой величиной является температура теплоносителя на выходе из сушильного барабана. Целью управления является поддержание температуры на постоянном заданном уровне.

Управляющее воздействие на объект – изменение количества топлива, подаваемого насосом в теплогенератор. Основное возмущающее воздействие – изменение температуры наружного воздуха и влажности высушиваемого продукта.

Датчиком (Д) является термопара. Входной сигнал для него температура на выходе из сушильного барабана, выходной – напряжение преобразователя, который преобразует величину сопротивления датчика температуры в электрическое напряжение.

Задатчиком (З1) является потенциометр. Задающий сигнал – величина напряжения, которая в определенном масштабе соответствует заданному значению температуры.

Сравнивающее устройство (СУ) выполнено на дифференциальном усилителе. Входной сигнал – U1, U6. Выходной сигнал – разность напряжений, подаваемая на усилитель (У).

Дифференциальный усилитель (У) выполняет функцию устройства сравнения входных сигналов и усиления их разности. На вход усилителя подается напряжение задатчика U1, датчика U5. Выходной сигнал усилителя - напряжение U3, подаваемое на двигатель.

Исполнительное устройство представляет собой исполнительный механизм, который состоит из электродвигателя (Д), редуктора (Р) и вентиля (В). Входным сигналом для электродвигателя является напряжение U3, выходным – угол поворота вала. Входной сигнал для редуктора – угол поворота вала, выходной сигнал -- угол поворота вала редуктора. Входной сигнал для вентиля – угол поворота вала редуктора, выходной сигнал – угол открытия заслонки.

На основании вышеизложенного, функциональная схема системы составлена следующим образом:



Рис.2 Функциональная схема САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ.

Система работает следующим образом:

В установившемся режиме при равенстве температуры t в сушильном барабане и с заданным значением температуры, заданным задатчиком (R1), выходное напряжение U3=0. Напряжение (U3) на электродвигателе не подается и в следствие этого угол открытия заслонки () остается неизменным. При отклонении температуры на выходе из сушильного барабана (t2) от заданной, например, в следствие изменения температуры наружного воздуха (tн.в.) и влажности высушиваемого продукта изменяется напряжение U4 датчика. Напряжение U4 является сигналом датчика системы, которое подается на сравнивающее устройство (СУ), где вычитается от напряжения задатчика.



Одновременно вал редуктора поворачивает заслонку в вентиле на угол, который зависит от сигнала поданного от усилителя на двигатель. Поэтому изменение поворота угла открытия заслонки пропорционально величине отклонения температуры t на выходе от заданного значения температуры. В результате температура на выходе из сушильного барабана возвращается к заданному значению.

При непрерывном изменении наружной температуры наружного воздуха и влажности высушиваемого продукта процесс регулирования идет непрерывно. Если наружная температура воздуха и влажность высушиваемого продукта установится, то при правильно подобранных параметрах регулятора процесс регулирования через некоторое время закончится, и вся система придет в новое установившееся состояние.

В результате рассмотрения устройства и работы системы можно сделать вывод:

В системе реализован принцип управления по отклонению. Система является стабилизирующей.

2. Составление структурной схемы системы автоматического регулирования температуры теплоносителя в агрегате АВМ

Структурной схемой называется наглядное графическое изображение математической модели (математического описания) системы.

При математическом описании систему разбивают на отдельные звенья направленного действия, передающие воздействия только в одном направлении – с входа на выход.

На структурной схеме каждое звено изображается прямоугольником, внутри которого записывается математическое описание звена. Связи между звеньями структурной схемы изображаются линиями со стрелками, соответствующими направлению прохождения сигналов. Над линиями ставятся обозначения сигналов.

Составим структурную схему САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ. Для этого получим передаточные функции всех элементов системы.

Уравнение сушильного барабана агрегата АВМ, как объекта управления:

,



где ,С – температура теплоносителя на выходе из барабана; ,С – температура наружного воздуха; Q, т/ч – подача топлива в теплогенератор.



В нашем случае передаточная функция системы по управляющему воздействию:



Передаточная функция по возмущающему воздействию:



Аналогичным образом получим передаточные функции остальных элементов.

Датчик температуры:

,



где , С – измеряемая температура; U, В – выходное напряжение измерительного усилителя.



Регулируемый орган (вентиль):

,



где , рад – угол поворота регулирующего элемента вентиля; Q, м/с – расход жидкости через вентиль.



Редуктор:

,



где , , рад – входной и выходной углы поворота.



Двигатель:

,



где U, В – напряжение управления; , рад – радиус поворота выходного вала.



Дифференциальный усилитель:



Составим структурную схему САР.



Рис.3 Структурная схема САР. температуры теплоносителя в агрегате АВМ.

3. Определение закона регулирования системы

Законом регулирования называют математическую зависимость, в соответствии с которой управляющее воздействие на объект формировалось бы безынерционным регулятором в функции от ошибки системы.

Закон регулирования во многом определяет свойства системы. Определим закон регулирования рассматриваемой САР. Для этого найдем передаточную функцию, определяющую взаимосвязь управляющего воздействия на объект и ошибки:



При последовательном соединении звеньев их передаточные функции перемножают:



Передаточная функция безынерционного регулятора примет вид:



Окончательно для безинерционного регулятора получаем:



В рассматриваемой системе применен интегральный закон регулирования.

4. Определение передаточных функций системы по управляющему и возмущающему воздействию и для ошибок по этим воздействиям

Для САР температуры теплоносителя задающим воздействием является заданная температура, регулируемой величиной – изменение количества топлива, подаваемого насосом в теплогенератор.

Запишем передаточную функцию по управляющему воздействию:



Передаточная функция САР по возмущающему воздействию определяет взаимосвязь между изменением регулируемой величиной Y и изменением возмущающего воздействия F:

,



где -- передаточная функция цепи звеньев от места приложения возмущающего воздействия до регулируемой величины.



Передаточная функция для ошибки по управляющему воздействию определяет взаимосвязь между изменением сигнала ошибки и изменением задающего воздействия:



Для рассматриваемого объекта передаточная функция САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ для ошибки по управляющему воздействию:



Передаточная функция по возмущающему воздействию определяет взаимосвязь между изменением ошибки и изменением возмущающего воздействия F:



5. Определение запасов устойчивости системы. Анализ устойчивости системы

Устойчивость – это свойство системы возвращаться в исходный или близкий к нему установившийся режим после снятия воздействия, вызвавшего выход из установившегося режима.

Неустойчивая система является не работоспособной, поэтому проверка устойчивости является обязательным этапом анализа системы.

Анализ устойчивости по критерию Гурвица.

Определим устойчивость САР температуры теплоносителя в агрегате АМВ. Для этого воспользуемся любой из полученных в предыдущем пункте передаточных функций, из которых следует, что характеристическое уравнение системы:



Для анализа устойчивости воспользуемся условиями устойчивости для уравнения четвертой степени:



Все коэффициенты характеристического уравнения положительны.

Проверяем второе условие:



Полученный результат показывает, что система устойчива.

Анализ устойчивости по критерию Найквиста.

Этот критерий основан на использовании амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) разомкнутой системы. Разомкнем систему и запишем передаточную функцию:



Такую систему называют астатической.

В общем случае астатическими называются системы, которые после приведения к одноконтурной в разомкнутом состоянии содержат интегрирующие звенья. Количество интегрирующих звеньев определяет степень астатизма системы.

В рассматриваемом случае система содержит одно интегрирующее звено (передаточная функция 1/р), поэтому она является системой с астатизмом 1-го порядка.

Характеристическое уравнение разомкнутой системы имеет нулевой корень. Это значит, что она находится на границе устойчивости. Поэтому применяем формулировку критерия Найквиста для астатических систем.

Построим АФЧХ разомкнутой системы, рассчитав значения и



Для построения АФЧХ разомкнутой системы представим частотную передаточную функцию в виде:



По этим выражениям, придавая значения от 0 до ∞, строим на комплексной плоскости АФЧХ разомкнутой системы (рис.4).



Таблица 2. – Результаты расчёта.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 0,05 | 0,03 | 0,025 | 0,02 | 0,0175 | 0,015 |
|  | 0 | 0,03 | 0,19 | 0,58 | 1,1 | 1,32 | 1,62 |
|  | 0 | -278 | -182 | -163 | -150 | -144 | -132 |

Из рисунка видно, что АФХЧ разомкнутой имеет вид устойчивой системы.



Pис.4.АФЧХ разомкнутой системы.

6. Анализ зависимости статической ошибки системы от изменения управляющего воздействия на систему

При выполнении такого анализа используют передаточную функцию системы для ошибки по управляющему воздействию.

Воспользуемся передаточной функцией для ошибки по управляющему воздействию



в статике (при р=0) обращается в ноль, поэтому статическая ошибка по управляющему воздействию отсутствует.

В общем случае отсутствие статической ошибки по управляющему воздействию является следствием астатизма системы. Как показано в предыдущем разделе, рассматриваемая система обладает астатизмом 1-го порядка.

7. Совместный анализ изменения управляемой величины объекта управления и системы от возмущающего воздействия в статике. Определение статической ошибки системы по возмущающему воздействию

Воспользуемся передаточными функциями объекта управления и системы по возмущающему воздействию в статике (при р=0) обращается в ноль.



Поэтому в статическом режиме при изменении наружной температуры изменение температуры теплоносителя внутри агрегата АВМ, снабженного регулятором происходить не будет. Статическая ошибка такой системы равна 0.

8. Оценка качества управления по переходным функциям

Качество переходных процессов в линейных системах обычно оценивают по переходным функциям.

Переходной функцией h(t) называется график изменения во времени управляемой (регулируемой) величины системы при подаче на систему единичного управляющего или возмущающего воздействий.

Показатели качества управления, определяемые непосредственно по переходным функциям, называют прямыми показателями качества управления.

Рассмотрим оценку прямых показателей качества управления для нашей системы.

Отклонение регулируемой величины от своего установившегося значения характеризуется следующими показателями.

Для переходной функции по управляющему воздействию определяется перерегулирование:

,



где -- максимальное значение регулируемой величины в переходном процессе;



-- установившееся значение регулируемой величины.



В нашем случае



Перерегулирование характеризует запас устойчивости системы. В нашем случае система полностью устойчива. Для переходных функций по возмущающему воздействию определяется максимальное отклонение регулируемой величины от установившегося значения, приходящейся на единицу возмущающего воздействия F(t):

.



В нашем случае



Быстродействие системы оценивается временем регулирования. Время регулирования определяется как интервал времени от начала переходной функции до момента, когда отклонение выходной величины от ее нового установившегося значения становится меньше определенной достаточно малой величины ∆:



.



Примем



В нашем случае для переходной функции по управляющему воздействию:

; с (рис. 5).



Для переходной функции по возмущающему воздействию:

; с (рис. 6).



Колебательность переходного процесса определяется числом N перерегулирований для переходной функции по управляющему воздействию или числом колебаний N для переходной функции по возмущающему воздействию за время переходного процесса. В нашем случае N=1.

Перерегулирование и максимальное отклонение регулируемой величины от установившегося значения также служат оценкой колебательности.

Для переходного процесса по управляющему воздействию (рис. 5):



Для переходного процесса по возмущающему воздействию (рис. 6):



По результатам выполнения этого раздела для САР температуры теплоносителя а агрегате АВМ следует сделать следующие выводы:

Для рассмотренной системы перерегулирование составляет 34%, число перерегулирований и колебаний системы за время переходного процесса N=1. Качество системы по этим показателям следует считать удовлетворительным.

Время регулирования составляет около 420с, максимальное отклонение регулируемой величины от ее установившегося значения, приходящееся на единицу ступенчатого возмущающего воздействия, составляет , колебательность системы около 0,17, изменение статической ошибки системы при изменении задающего воздействия и возмущающего воздействия составляет 0% от изменения этих воздействий.



Рис.7.Переходная функция по управляющему воздействию САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ .



Рис.8.Переходная функция по возмущающему воздействию САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ

Общие выводы по работе

Объектом управления САР температуры теплоносителя в агрегате АВМ.

Управляющим воздействием на объект является изменения количества топлива, подаваемого насосом в теплогенератор. Основное возмущающее воздействие – изменение температуры наружного воздуха и влажности высушиваемого продукта. Закон регулирования системы интегральный. Система устойчива. Система является астатической.

Прямые оценки показателей качества управления следующие: перерегулирование , число пререгулирований N=1, что удовлетворяет требованиям и свидетельствует о достаточном запасе устойчивости.



Время регулирования 420с, максимальное отклонение регулируемой величины от её установившегося режима приходящееся на единицу ступенчатого возмущения равно , колебательность системы равна 0,17. Качество системы следует считать удовлетворительным.



Литература

1. Юревич Е. Н. Теория автоматического управления. – Л.: Энергия, 1975.—416с
2. Бородин И. Ф., Кирилин Н. И. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. – М.: Колос, 1977. – 328с.
3. Теория автоматического управления. Ч.1./ Н. А. Бабанов, А. А. Воронов и др. – М.: Высш шк., 1986. – 367с.
4. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1985. – 536с.
5. Средства автоматики и телемеханики./Н.И. Бохан, И. Ф. Бородин, Ю. В. Дробышев, С. Н. Фурсенко, А. А. Герасенков. – М.: Агропромиздат, 1992. –351с.
6. Бородин И. Ф. Технические средства автоматики. – М.: Колос, 1982. – 303с.
7. Бохан Н. И., Фурунжиев Р. И. Основы автоматики и микропроцессорной техники. – Мн.: Ураджай, 1987. --- 376с.