Пример выполнения курсовой работы.

1.По заданной кривой разгона (рисунок 1) вычислить коэффициенты уравнения динамики объекта, при изменении заданного значения регулирующего воздействия или нагрузки. Дать характеристику объекта регулирования согласно принятой классификации.

Выполним аппроксимацию полученных значений регулирующей величины кривой разгона представленной на рисунке 1. Из условий задания и приложения 1, следует что эта кривая разгона двухъемкостного устойчивого объекта.



Рисунок 1 - Кривая разгона двухъёмкостного устойчивого объекта

Уравнение динамики двухъемкостного объекта имеет вид:

Аппроксимацию двухъёмкостного устойчивого объекта выполним графоаналитическим методом.

1. Для определения постоянных времени Т1 и Т2 необходимо сначала найти величины a и b (рис 1). Для этого проводим касательную в точке перегиба О3 , и продолжаем ее до пересечения с горизонтальной линией соответствующей максимальному значению регулируемой величины в точкеО4, с одной стороны, а с другой стороны продолжают ее до пересечения с осью времени в точке О2 . Проекция этой касательной на ось времени даст нам **b**= 20 сек, **а** определяется
2. как проекция отрезка О3О4 на ось времени: **а** = 13 сек.



Рисунок 2 - Монограмма

2) Затем на номограмме (рисунок 2) провести прямую через точки *М* с координатами (0; **b**/**а**) и *N* с координатами (**b**/**а**;0). Наконец по координатам точки пересечения *Р* найти искомые постоянные времени с помощью следующих выражений: **Т1 = а∙z; и Т2 = а∙х.**

3) В нашем случае точка М (0;1,54) ,N (1,54;0)

Следовательно **Т1**= 13∙1,4=18,2, **Т2 =** 13∙0,2=2,6

Расчет значений коэффициентов уравнения динамики ОР сведем в таблицу 1.

 Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование величины, размерность | Обозначение | Расчётная формула или источник | Численные значения |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Номинальное значение регулирующей величины, мПа |  | Задание на курсовую работу | 1 |
| 2. Начальное значение регулирующей величины, мПа |  | Кривая разгона объекта регулирования | 0,88 |
| 3. Конечное значение регулирующей величины, мПа |  | Кривая разгона объекта регулирования | 0,967 |
| 4. Относительное изменение регулирующей величины |  |  | 0,09 |
| 5. Номинальное значение:* регулирующего воздействия, кг/час
* нагрузка, кг/час
 |  | Задание на курсовую работу |  5506000 |
| 6. Начальное значение:* регулирующего воздействия, кг/час
* нагрузка, кг/час
 |  | Кривая разгона объекта регулирования | 4004800 |
| 7. Конечное значение:* регулирующего воздействия, кг/час
* -нагрузки, кг/час
 |  | Кривая разгона объекта регулирования | 4254800 |
| 8. Относительное изменение * регулирующего воздействия
* нагрузки
 |  |  | 0,050 |
| 9. Время запаздывания, с | τ | Кривая разгона объекта регулирования | 5 |
| 10. Коэффициенты передачи устойчивого объекта:* по регулирующему воздействию
* по нагрузке
 |  | ==принять a=0,9 | 1,741,57 |
| 11. Время разгона, c: |  | Получим по монограмме (рисунок 2) | 18,21,6 |

 Таблица 1

Уравнение динамики двухъемкостного устойчивого объекта регулирования (см. приложение 1) в численных коэффициентах:

 =

 Окончательно

Передаточные функции объекта регулирования в численных значениях:

* по регулирующему воздействию

= ,

* по нагрузке

= .

Характеристика объекта регулирования:

* двухъемкостный;
* с положительным самовыравниванием (устойчивый).

2. Функциональный анализ системы автоматического регулирования (САР):

В соответствии с заданием вычертим функциональные блоки всех элементов САР.

1. Измерительное устройство (ИУ):

ξ

ИУ

η

Входная величина – разность между заданным и измеренным значениями регулируемой величины .

Выходная величина – преобразование в другой вид физического сигнала η.

Параметры настройки – неравномерность измерительного устройства .

1. Усилитель (У):

У

η

σ

Входная величина – сигнал от ИУ η.

 Выходная величина – сигнал большой мощности σ.

1. Сервомотор (СМ):

CМ

σ

µ

 Входная величина – σ.

 Выходная величина – механическое перемещение µ.

 Параметры настройки –= 10 сек.

1. Регулирующий орган (РО):

РО

µ

g

 Входная величина – перемещение сервомотора µ.

 Выходная величина – g изменение подвода вещества (энергии) к ОР.

1. Объект регулирования (ОР):

λ

ОР

g

Регулирующее вещество (входная величина) – изменение потока вещества (энергии) к ОР, g(t).

Регулируемая величина (выходная величина) – величина по которой ведется процесс регулирования, φ(t).

Нагрузка (внешнее воздействие) – изменение потока вещества (энергии) в ОР, приводящее к нарушению технологического процесса и состояния равновесия САР, λ(t).

Затем, путем соединения описанных выше функциональных блоков элементов вычерчиваем функциональную схему САР (см. рисунок 3).

λ

ξ

ИУ

У

CМ

РО

η

σ

µ

ОР

g

Рисунок 3 – Функциональная схема САР

 3. Получение передаточных функций САР.

 3.1 Передаточные функции элементов САР.

Согласно заданию уравнения элементов САР представим в численных коэффициентах.

ИУ - =;

У - = ∙;

СМ - ;

РО - g(t) =;

ОР - .

Запишем уравнения элементов САР в операционной форме:

ИУ - η=);

У - ;

СМ - =;

РО - g(p)=;

ОР - .

Далее изображения выходных величин всех элементов САР представим в правой части уравнений в явном виде. Тогда в левой части уравнений операторы преобразований расположенные перед изображенными входными величинами будут представлять собой передаточные функции:

ИУ - η=);

 У - ;

 СМ - ;

 РО - ;

 ОР –.

Получим:

 - передаточная функция объекта регулирования по регулирующему воздействию;

 – передаточная функция объекта регулирования по нагрузке;

= передаточная функция измерительного устройства;

- передаточная функция усилителя;

= – передаточная функция сервомотора;

 - передаточная функция регулирующего органа;

Передаточные функции элементов САР

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение блока | Уравнение | Операционное уравнение | Уравнение в передаточных функциях | Динамическая структура |
| ИУ | = | η=) | η=)= | η(p)ξ |
| У |  = ∙  |  |  |  η(p)σ(p) |
| CM |  | = |  |  σ(p)µ(p) |
| PO | g(t) = | g(p)= |  | µ(p)g(p) |
| ОР |  | ++1)  | = |  λ(p)φ(p)g(p) |

Таблица 2

3.2 Вычертить структурную схему САР:

Соединив динамические структуры элементов приведённых в таблице 2, между собой получим исходную структурную схему САР

 (p)

ξ(p)

η(p)

σ(p)

µ(p)

g(p)

 (p)9(

λ(p)

Рисунок 4 – Структурная схема САР

 3.3 Путём преобразования структурной схемы САР получить передаточные функции разомкнутой и замкнутой САР по заданию и нагрузке.

Преобразуем исходную структурную схему к виду:

η(p)

 ((p)

g(p)

 (p)9(

λ(p)

где - передаточная функция регулятора.

Затем преобразуем схему к виду:

η(p)

 (p)9(

λ(p)

 ,

где

 Передаточная функция разомкнутой САР.

Преобразуем схему к виду путем размыкания обратной связи

λ(p)

g(p)

 (p)(p)

Получим передаточные функции с замкнутой САР по заданию
 и нагрузки

*=*

где: - собственный оператор замкнутой САР;

- оператор воздействия по заданию;

Передаточная функция замкнутой САР по нагрузке:

где: оператор воздействия по нагрузке;

 собственный оператор замкнутой САР;

Уравнение САР в передаточных функциях принимает вид:

φ(p) =

4. Представить математическое описание САР в операторной форме. Перейти к дифференциальному уравнению системы (обратное преобразование Лапласа);

Представим уравнение через операторы САР:

В соответствии с преобразованиями структурной схемы САР можно записать:

 или ;

Отсюда уравнение САР можно представить в виде:

 ;

=;

;

+;

Методом обратного преобразования Лапласа перейдем к дифференциальным уравнениям САР:

.

В численных значениях получим дифференциальное уравнение замкнутой САР :

=

5. Проверка замкнутой САР на устойчивость.

Устойчивость САР третьего порядка оценивают с помощью критерия Вышнеградского.

Порядок применения критерия Вышнеградского:

++ - общий вид собственного оператора замкнутой САР 3-го порядка.

В нашем случае:

 собственный оператор замкнутой САР;

приравняем нулю:

В численных значениях получим уравнение:

= 0;

;

Последнее уравнение приведем к виду:

++= 0,

где: ;

 .

САР устойчива, т.к 2,85 > 0; 0,89 > 0; 2,85∙0,89 > 1.

Установим вид переходного процесса:

* для этого на диаграмме Вышнеградского (рисунок 5) нанесем точку О с координатами (A; B);
* т.к. точка попадает в область 1 – то переходные процесс имеет колебательный характер.



О

Рисунок 5 – Диаграмма Вышнеградского

6. Моделирование переходых процессов в среде программного комплекса VISSIM 3.0.

6.1 Создание модели САР, используя передаточные функции.

Для этого необходимо ввести структурную схему САР указанную в пункте 3.2 в программный комплекс VisSim 3.0 и заменить передаточные функции в блоках динамических элементов САР численными значениями.

После выполнения схемы подключаем блок графиков «plot» и модель запускается на выполнение ( командой «Simulation → Go » или нажатием клавиши F5 клавиатуры).

Результат приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Модель САР

6.2 Изменяя параметры настройки регулятора и получить апериодический переходный процесс в замкнутой САР с перерегулированием 0.2.

Выполняя схему с различными параметрами неравномерности измерительного устройства - и изменяя время сервомотора , получим апериодический переходный процесс.

Схема, имеющая и сек., изображает апериодический переходный процесс, представленный на рисунке 7.



Рисунок 7 – Апериодический переходной процесс

6.3Получение зависимости запасов устойчивости (по фазе и амплитуде) от численных значений параметров настройки регулятора.

Построим АФЧХ, разомкнутой системы при данном значении интересующего нас параметра и определим устойчивость замкнутой системы**.** По критерию Найквиста для устойчивости замкнутой системы необходимо и достаточно чтобы годограф комплексного коэффициента передачи разомкнутого контура не охватывал на комплексной плоскости точку с координатами (-1, j0). При этом необходимо чтобы разомкнутый контур был устойчив.

Для получения зависимости запасов устойчивости воспользуемся функцией Analyze, которая содержит команду определения устойчивости по Найквисту. Для этого выделяем все функциональные блоки кроме задатчика, при разомкнутой обратной связью. После этого на графике АФЧХ проводим окружность единичного радиуса (учесть масштабы осей) и находим точки пересечения окружности и осью абсцисс с нижней ветвью графика. Определяем параметры регулятора, обеспечивающие запас по амплитуде не менее 0.5 и по фазе не менее 30 градусов. Для конечного анализа зависимости параметров настройки регулятора составим таблицы и построим графики .