МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Курсовая работа

**«Синтез трехконтурной САР положения производственного механизма»**

Выполнила: Губарева О.Е.

Москва 2010

Техническое задание на проектирование системы регулирования

Текстовая часть курсовой работы должна содержать:

1.анализ технического задания на проектирование системы

2.обоснование структуры системы

3.разработку функциональной схемы системы

4.разработку математической модели системы, разработка структурной схемы системы

5.синтез регулятора тока (РТ)

6.синтез регулятора скорости (РС)

7.синтез регулятора положения (РП)

8.иследование динамической характеристики системы на ПК

9.выводы по результатам работы

Графическая часть работы должна содержать:

1.функциональную схему системы

2.структурную схему контура регулирования тока

3.структурную схему контура регулирования скорости

4.схему моделирования

5.графики переходных процессов

6.структурную схему системы

Исходные данные для проектирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Передаточный коэффициент цепи тиристорного преобразователя |  | 25 |  |
| Постоянная времени цепи тиристорного преобразователя |  | 0,03 | с |
| Сопротивление якорной цепи двигателя |  | 0,15 | Ом |
| Механическая постоянная времени якорной цепи двигателя |  | 0,61 | с |
| Электрическая постоянная времени якорной цепи двигателя |  | 0,12 | с |
| Передаточный коэффициент редуктора |  | 20 |  |
| Передаточный коэффициент датчика положения |  | 1,37 | В/рад |
| Передаточный коэффициент датчика скорости двигателя |  | 0,28 | В\*с/рад |
| Время регулирования, не более |  | 0,05 | с |
| Колебательность, не более |  | 3 |  |
| Перерегулирование, не более |  | 30 | % |
| Установившаяся ошибка |  | 0 |  |

1. Анализ технического задания на проектирование системы

Разработанная система должна обеспечивать регулирование трёх параметров:

 – ток якоря двигателя,

 – скорость двигателя,

 – угол поворота объекта.

Техническое задание содержит параметры проектируемой системы:

 – передаточный коэффициент цепи тиристорного преобразователя,

 – постоянная времени цепи тиристорного преобразователя,

 – сопротивление якорной цепи двигателя,

 – механическая постоянная времени якорной цепи двигателя,

 – электрическая постоянная времени якорной цепи двигателя,

 – передаточный коэффициент редуктора,

 – передаточный коэффициент датчика положения,

 – передаточный коэффициент датчика скорости двигателя.

Показатели качества процесса регулирования:

Время регулирования – ,

Колебательность – ,

Перерегулирование – 

Установившаяся ошибка – .

В качестве электропривода, приводящего в движение объект управления, используем электропривод постоянного тока по системе тиристорного преобразователя тока.

2. Обоснование структуры системы

Для объектов управления имеющих не одну, а несколько регулирующих величин, рекомендуется применять системы подчиненного регулирования (СПР) с последовательной коррекцией (последовательная коррекция обеспечивается выбором соответствующего типа регулятора). При параллельной коррекции корректирующее устройство включено в тракт обратной связи системы.

Каждый контур регулирования имеет свой регулятор, настраиваемый в соответствии с передаточной функцией объекта этого контура.

СПР характеризуется каскадным (последовательным) включением регуляторов, число которых соответствует числу регулируемых величин.

В разрабатываемой системе имеется 3 регулируемые величины: ток якоря двигателя, скорость двигателя, угол поворота объекта, в соответствии с этим структура системы так же должна содержать 3 регулятора:

РТ – регулятор тока,

РС – регулятор скорости,

РП – регулятор положения.

На входе регуляторов каждого из контуров сравниваются сигналы пропорциональные заданному и действительному значению заданной величины данного контура, при этом выход регулятора предыдущего контура является сигналом задания для регулятора последующего контура.

3. Функциональная схема системы



Рис. 1. Функциональная схема системы

Функциональная схема (рис. 1) содержит следующие функциональные элементы:

КА – команда аппарат;

РП, РС, РТ – регуляторы положения, скорости, тока;

СИФУ – система импульсно-фазового управления;

ТП – тиристорный преобразователь;

М – двигатель электропривода с независимым возбуждением;

Ред – редуктор;

ОУ – объект управления;

ДП, ДС, ДТ – датчики положения, скорости, тока.

Управление, перемещение объекта человек–оператор осуществляет с помощью команда аппарата. В схеме предусмотрено 3 последовательно включенных регулятора: РП, РС, РТ.

Выходной сигнал регулятора положения равен сигналу задания на входе регулятора скорости, выходной сигнал регулятора скорости является задающим сигналом для регулятора тока.

Система импульсного фазового управления (СИФУ) предназначена для преобразования выходного напряжения регулятора тока в управляющие импульсы, эти импульсы с выхода СИФУ поступают на вход 2-х тиристорных преобразователей, каждый из которых представляет 3-х фазную мостовую схему.

Тиристор является полууправляемым полупроводниковым элементом. Для того, что бы перевести тиристор в управляющее состояние необходимо соблюдение двух условий:

– потенциал анода выше потенциала катода;

– на управляющий электрод (УЭ) подаётся открывающий импульс.

Вал двигателя жестко связан с входным валом редуктора, который преобразует угловую скорость вала двигателя в угол поворота ОУ.

Формирование отрицательных обратных связей по току якорной цепи и скорости двигателя, а так же углу положения объекта управления обеспечивается соответствующими датчиками ДТ, ДС, ДП. Входной вал ДП жестко связан с валом ОУ. Выходные напряжения датчиков соответствуют (пропорциональны) величинам контролируемых параметров.

4. Математическая модель и структурная схема системы

Для получения математической модели (структурной или алгоритмической схемы системы) необходимо получить передаточные функции всех элементов, входящих в функциональную схему системы.

Передаточные функции регуляторов Wрп(р); Wрт(р); Wрс(р) будут получены при их синтезе. Для получения остальных передаточных функций необходимо написать уравнение, связывающее входную и выходную величину каждого из элементов:

1)тиристорный преобразователь совместно с СИФУ описывается дифференциальным уравнением:

,

где

 – выходное напряжение контура регулирования тока,

 – выходное напряжение тиристорного преобразователя.

В операторной форме это уравнение имеет вид:

.

Отсюда передаточная функция тиристорного преобразователя:

 – уравнение инерционного звена (рис. 2).







Рис. 2. Структурная схема тиристорного преобразователя

2)Двигатель постоянного тока независимого возбуждения описывается системой дифференциальных уравнений:



где

 и  – активное и индуктивное сопротивления якорной цепи,

 и  – конструктивные постоянные двигателя, зависящие от конструктивного исполнения двигателя (число пар полюсов и т.д.),

 – момент нагрузки, принимаем его равным статическому моменту на валу двигателя,

 – момент инерции вращающихся частей привода, приведенный к валу двигателя.

В общем случае на двигатель действует 2 воздействия (рис. 3).

**М**







Рис. 3. Воздействия на двигатель постоянного тока

Для получения передаточной функции двигателя по управляющему воздействию, считаем, что  (принцип суперпозиции).

Из второго и третьего уравнений системы получаем:

 → ,

 →  → .

Подставляем в первое уравнение системы:

 → .

Связь между ЭДС якоря и угловой скоростью , а также между вращающим моментом и током якоря  в системе единиц СИ определяется единым электромагнитным коэффициентом:

.

Тогда можно записать:

 → ,

где

 – механическая постоянная времени якорной цепи двигателя,

 – электрическая постоянная времени якорной цепи двигателя.

В результате получаем дифференциальное уравнение двигателя постоянного тока:

.

Переходим к операторной форме:

.

Отсюда получаем передаточную функцию двигателя постоянного тока для скорости вращения:

,

которую можно представить в виде последовательного соединения двух инерционных звеньев:

,

где

,

.

По заданию:

,

тогда приближённо можно принять:

.

Учитываем, что:

 → .

В операторной форме:

.

Подставляем:

.

Откуда получаем передаточную функцию двигателя постоянного тока для тока якоря:

.

Получаем структурную схему двигателя постоянного тока (рис. 4).















Рис. 4. Структурная схема двигателя постоянного тока

3)Передаточная функция редуктора может быть получена из следующих уравнений:

 →  – интегрирующее звено, в операторной форме:

.

Получаем передаточную функцию редуктора:

.

Соответственно этому структурная схема редуктора (рис. 5) и двигателя вместе с редуктором (рис. 6).







Рис. 5. Структурная схема редуктора















Рис. 6. Структурная схема двигателя с редуктором

4)передаточные функции датчиков, входящих в систему, соответствуют пропорциональным или безинерционным звеньям. Они могут быть определенны из следующих уравнений:

,

,

.

Из первого соотношения следует, что коэффициент датчика тока КДТ определяет падение напряжения на этом датчике при данном токе якоря двигателя, т.е. является сопротивлением датчика .

Чтобы не вносить значительных погрешностей в расчёт, это сопротивление выбираем как 10% от сопротивления якоря, т.е.:

.

С учетом передаточных функций отдельных функциональных элементов системы, может быть получена структурная схема всей системы управления (рис. 7).

































Рис. 7. Структурная схема системы управления

5. Синтез регулятора тока

Конечной задачей синтеза регулятора является определение типа регулятора, т.е. его передаточной функции, принятой в соответствии с реализуемым законом управления. Кроме того, необходимо определить значение параметров регулятора, т.е. его коэффициент усиления и его постоянные времени, обеспечивающие заданные показатели качества процесса регулирования. В СПР синтез регуляторов начинается с синтеза внутреннего контура. В данном случае это контур регулирования тока. Синтез производим на основании структурной схемы замкнутого контура регулирования тока, которая представлена на рис. 8.

Рис. 8. Структурная схема замкнутого контура регулирования тока

















Синтез регуляторов системы подчинённого регулирования производим в следующей последовательности:

– определяем передаточную функцию объекта управления (к ОУ относим все звенья кроме регулятора),

– по виду передаточной функции ОУ определяем тип регулятора, т.е. его передаточную функцию (),

– определяем параметры регулятора (коэффициент передачи и постоянные времени регулятора), из условия настройки регулятора на модульной или симметричный оптимум,

– переходим к синтезу последующего контура.

Находим передаточную функцию разомкнутого контура без регулятора:

.

Имеется три инерционных звена, выбираем ПИД – регулятор с передаточной функцией:

,

где

,  – постоянные времени.

Рассчитываем параметры из условия настройки регулятора на модульный оптимум, т.к. передаточная функция замкнутого контура не только не содержит интегрирующего звена , но и имеется дифференцирующее звено .

При типовой настройке регулятора на модульной оптимум параметры определяем из соотношений для компенсации наибольших постоянных времени:

 и .

При таком выборе параметров передаточная функция разомкнутого контура:

,

,

где

.

Передаточная функция замкнутого контура (инерционного звена):

,

где

,

.

Установлено, что для такой передаточной функции показатели качества переходного процесса (рис. 9) имеют следующий вид;

,

,

,

.

Принимаем:

,

тогда:

,

откуда:

,

тогда определяем коэффициент передачи ПИД – регулятора:

 → .

Ранее было получено:

,

откуда:

.

Подставляем:

,

,

,

.

Рис. 9. График переходного процесса замкнутого контура тока

Установившаяся ошибка:

.

Перерегулирование:

.

Время переходного процесса:

.

При этом параметры настраиваемого регулятора:

,

,

.

6. Синтез регулятора скорости

При синтезе регулятора скорости передаточная функция замкнутого контура регулятора тока имеет вид:

.

Тогда структурная схема замкнутого контура регулятора скорости имеет вид (рис. 10).

















Рис. 10. Структурная схема замкнутого контура регулятора скорости

Находим передаточную функцию разомкнутого контура без регулятора:

,

где

.

Ранее было получено:

,

принимаем (т.к. в исходных данных нет информации): ,

тогда:

 → .

Получаем:

.

Имеется инерционное и интегрирующее звенья в разомкнутом контуре.

Выбираем П – регулятор с передаточной функцией:

.

Тогда передаточная функция разомкнутого контура с регулятором:

,

где

.

Получаем передаточную функцию замкнутого контура (колебательного звена):



или:

,

где

 → ,

 →→.

Откуда:

.

Подставляем:

 →

,

,

.

Получаем переходный процесс (рис. 11).

Рис. 11. График переходного процесса замкнутого контура скорости

Установившаяся ошибка отсутствует, т.к. имеется интегратор в разомкнутой цепи: .

При этом параметр настраиваемого регулятора: .

Время переходного процесса: ,

перерегулирование: .

7. Синтез регулятора положения

При синтезе регулятора положения передаточная функция замкнутого контура регулятора скорости имеет вид:

.

Тогда структурная схема замкнутого контура регулятора положения имеет вид (рис. 12).

















Рис. 12. Структурная схема замкнутого контура регулятора положения

Находим передаточную функцию разомкнутого контура без регулятора:

,

где

.

Имеется колебательное и интегрирующее звенья в разомкнутом контуре.

Выбираем ПД – регулятор с передаточной функцией:

,

где

.

Тогда передаточная функция разомкнутого контура с регулятором:

,

где

.

Получаем передаточную функцию замкнутого контура:

,

,

,

,

где

,

,

,

.

Составим по критерию Гурвица определитель (третьего порядка):

.

Замкнутая система будет устойчивой, если определитель второго порядка будет больше нуля:

.

Подставляем и находим значение коэффициента усиления:

,

откуда:

 →

 →

.

Отсюда видно, что замкнутая система будет устойчива при любом положительном коэффициенте усиления:

.

Примем:

,

тогда:

 → .

Находим:

,

,

,

.

Строим переходный процесс (рис. 13).

Рис. 13. График переходного процесса замкнутого контура положения

Установившаяся ошибка отсутствует, т.к. имеется интегратор в разомкнутой цепи:

.

При этом параметры настраиваемого регулятора:

,

.

Время переходного процесса:

,

перерегулирование:

.

8. Моделирование системы

При расчёте регуляторов и построении графиков переходных процессов использовался математический пакет MathCad.

Имеется соответствующий файл:

KR\_LSU.mcd.

Выводы по работе

Разработанная система отвечает требованиям технического задания:

Установившаяся ошибка .

Время переходного процесса .

Перерегулирование .

Литература

1. Волков Н.И., Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики: Учебник для ВУЗов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986.

2. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. – М.: М Г Г У, 2002.

3. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для ВУЗов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981.