Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов

А.В.БАШАРИИ

В.А.НОВИКОВ

Г.Г.СОКОЛОВСКИЙ

Управле ние электроприводами

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электропривод и автоматизация промышленных установок"

Ленинград ЭНЕРГОИЗДАТ

Ленинградское отделение 1982

Рецензенты: *кафедра «Автоматизированный электропривод»*

Московского энергетического института (зав, кафедрой И. Ф. Ильинский) и Ю. А. Сабинин

Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г.

Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. — Ленинград, Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982. — 392 с, ил.

Рассмотрены принципы построения автоматических систем управления электроприводами Дано математическое описание двигателей, преобразователей к других типовых узлов как элементов АСУ Рассмотрены типовые системы стабилизации скорости, программные и следящие системы управления электроприводом, а также системы регулирования тока, момента и других параметров. Изложены методы расчета в освещены вопросы машинного проектирования систем управления электроприводов

Книга предназначена в качестве учебного пособия дчя студентов специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок». Она может быть полезна студентам других специальностей, *а* также инженерам н научный сотрудникам, занятым разработкой, исследованием и эксплуатацией АСУ электропривода кн.

Содержание книги Управление электроприводами

Предисловие

Глава первая. Принципы построения автоматических систем управления электроприводами

1-1. Задачи и принципы управления координатами электропривода
1-1-1. Основные цели автоматического управления электроприводами. Классификация систем управления
1-1-2. Общий подход к проектированию АСУ ЭП

1-2. Математическое описание АСУ ЭП
1-2-1. Математическое описание нелинейных АСУ ЭП и их линеаризация
1-2-2. Формы математического описания линеаризованных АСУ ЭП

1-3. Стандартные настройки и их применение
1-3-1. Стандартные настройки простейших контуров
1-3-2. Настройка контуров при наличии нелинейностей
1-3-3. Одноконтурная система. Понижение расчетного порядка системы
1-3-4. Ограничение промежуточных координат. Принцип подчиненного регулирования
1-3-5. Реализация передаточных функций регуляторов, выполненных на операционных усилителях

1-4. Восстановление переменных состояния объекта управления с помощью наблюдающих устройств
1-4-1. Принцип построения наблюдающего устройства полного порядка
1-4-2. Редуцированный наблюдатель

Глава вторая. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока

2-1. Двигатель постоянного тока и тиристорный преобразователь как основные элементы силовой части
2-1-1. Математическое описание двигателя постоянного тока независимого возбуждения при управлении напряжением на якоре и потоком возбуждения
2-1-2. Линеаризованная структурная схема двигателя независимого возбуждения
2-1-3. Нереверсивный ТП, работающий на двигатель, при непрерывном токе
2-1-4. Статические характеристики нереверсивного преобразователи при наличии прерывистых токов
2-1-5. Реверсивный ТП
2-1-6. Динамические свойства тиристорного электропривода

2-2. Типовые структуры автоматических систем управления скоростью электропривода

2-2-1. Одноконтурная система управления скоростью путем воздействия на напряжение якоря при постоянном потоке возбуждения
2-2-2. Управление электроприводом в системе с подчиненным токовым контуром
2-2-3. Система двухзонного регулирования скорости электропривода
2-2-4. Компенсация нелинейностей, связанных с двухзонным регулированием

2-3. Некоторые особенности построения систем управления электроприводами, связанные со свойствами тиристорного преобразователя как элемента системы
2-3-1. Ограничение якорного тока в переходных процессах
2-3-2. Регулирование уравнительного тока в тиристорном электроприводе при совместном управлении группами реверсивного ТП
2-3-3. Линеаризация характеристик токового контура при использовании ТП с раздельным управлением группами тиристоров

Глава третья. Автоматические системы управления скоростью электроприводов переменного тока

3-1. Двигатели переменного тока как элементы АСУ
3-1-1. Математическое описание асинхронного электродвигателя при управлении частотой и напряжением статора
3-1-2. Математическое описание асинхронного электродвигателя при управлении со стороны ротора

3-2. Тиристорные преобразователи, работающие на электродвигателе переменного тока, как элементы АСУ
3-2-1. Тиристорные преобразователи частоты со звеном постоянного тока
3-2-2. Тиристорные преобразователи частоты с непосредственной связью
3-2-3. Тиристорные преобразователи в роторных цепях асинхронных электродвигателей

3-3. Автоматические системы управления скоростью асинхронных короткозамкнутых электродвигателей
3-3-1. Частотное управление электродвигателями, в статических режимах
3-3-2. Системы частотного управления с функциональными преобразователями координат
3-3-3. Системы частотного управления с обратными связями по ЭДС статора, скорости двигателя, скорости и току двигателя
3-3-4. Системы частотно-токового управления
3-3-5. Система векторного управления

3-4. Автоматические системы управления скоростью асинхронных электродвигателей с фазным ротором
3-4-1. Система управления с введением добавочной ЭДС в роторную цепь
3-4-2. Система управления с воздействием на добавочное сопротивление в роторной цепи
3-4-3. Система управлении с воздействием иа напряжение статора

Глава четвертая. Управление скоростью электроприводов при упругой связи двигателя с механизмом

4-1. Обобщенная структура силовой части электромеханической системы

4-1-1. Математическое описание упруговязкого объекта
4-1-2. Двухмассовая упруговязкая система «двигатель—механизм». Расчет параметров упругих колебаний

4-2. Управление скоростью электропривода двухмассового упруговязкого механизма в системе с подчиненным токовым контуром
4-2-1. Влияние упругости на работу системы управления электроприводом с подчиненным токовым контуром
4-2-2. Настройка контура скорости системы подчиненного регулирования с упругостью
4-2-3. Некоторые способы коррекции системы подчиненного регулирования с упругостью при малых коэффициентах соотношения масс
4-2-4. Наблюдатель в системе управления скоростью с подчиненным токовыл контуром

Глава пятая. Стабилизирующие автоматические системы управления электроприводами

5-1. Задачи стабилизации скорости электроприводов
5-1-1. Классификация ССС
5-1-2. Системы обработки информации о параметрах движения
5-1-3. Оптимизация систем стабилизации скорости с учетом регулярных и случайных составляющих возмущений и помех

5-2. Системы стабилизации скорости одно двигательных электроприводов
5-2-1. Аналоговые ССС
5-2-2. Цифроаналоговые и цифровые ССС точных электроприводов
5-2-3. Импульсно-фазовые системы стабилизации скорости высокоточных электроприводов

5-3. Системы стабилизации скорости многодвигательных электроприводов
5-3-1. Характеристика промышленных установок с многодвигательными электроприводами
5-3-2. Системы управления скоростью и соотношением скоростей взаимосвязанных многодвигательных электроприводов
5-3-3. Цифроаналоговые и цифровые системы управления скоростью 1 и соотношением скоростей рзаимосвязанных многодвигательных электроприводов

Глава шестая. Автоматические системы управления положением механизма

6-1. Принцип построения системы управления положением
6-2. Система управления положением механизма в режиме позиционирования
6-2-1. Настройка в режиме малых перемещений
6-2-2. Позиционная система при отработке средних и больших перемещений. Реализация требуемого закона перемещения
6-2-3. Параболический регулятор положения

6-3. Система управления положением механизма в режиме слежения
6-3-1. Задача следящего управления. Ошибки при отработке управляющего воздействия
6-3-2. Повышение точности отработки управляющего воздействия за счет применения комбинированного управления
6-3-3. Двухканальные следящие электроприводы

6-3-4. Ошибки системы при основном возмущении и пути их уменьшения

6-4. Влияние некоторых особенностей механизма на работу следящего электропривода
6-4-1. Сулое трение и компенсация его влияния
6-4-2. Электромеханическая выборка зазора в следящем электроприводе
6-4-3. Настройка контура положения в системе с упругостью

Глава седьмая. Программные автоматические системы управления электроприводами

7-1. Общие сведения о программном управлении
7-1-1. Классификация систем программного управления
7-1-2. Общая структура систем ЧПУ

7-2. Формирование законов управления АСУ ЭП в системах ЧПУ
7-2-1. Подготовка числовых программ на основании геометрической и технологической информации
7-2-2. Кодирование и воспроизведение числовой программной информации
7-2-3. Интерполяторы

7-3. Программные системы управления электроприводом с шаговыми двигателями
7-3-1. Основные характеристики шагового двигателя
7-3-2. Управление шаговым электроприводом

7-4. Программные АСУ ЭП, замкнутые по положению исполнительного органа
7-4-1. Датчики положения в программных АСУ ЭП
7-4-2. Программная АСУ ЭП с импульсным датчиком и преобразователем «код - напряжение»
7-4-3. Импульсно-фазовая программная АСУ ЭП
7-4-4. Программная АСУ ЭП с фазовым датчиком, работающим в амплитудном режиме
7-4-5. Позиционная система программного управления

7-5. Система программного управления с управляющей вычислительной машиной
7-5-1. Принципы работы и основные функции устройства ЧПУ с УВМ
7-5-2. Программная АСУ ЭП для многокоординатной установки

Глава восьмая. Автоматические системы управления электроприводами, обеспечивающими регулирование натяжения перематываемого материала

8-1. Задачи управления электроприводами, осуществляющими регулирование натяжения
8-1-1. Прямые и косвенные методы измерения натяжения посредством измерения усилия, момента и мощности
8-1-2. Задача поддержания натяжения в процессе разгона и торможения

8-2. Типовые структуры автоматических систем управления электроприводом, обеспечивающие стабилизацию натяжения
8-2-1. Автоматическая система управления электроприводом с регулированием мощности
8-2-2. Автоматическая система регулирования натяжения с поддержанием тока якоря

8-2-3. Система двухзонного управления электроприводом наматывающего устройства

Глава девятая. Адаптация в автоматических системах управления электроприводами

9-1. Основные положения по организации адаптивных систем управления электроприводами
9-1-1. Задачи управления нестационарными системами электроприводов и механизмов
9-1-2. Определение частотных и временных характеристик
9-1-3. Адаптивные наблюдающие устройства идентификации

9-2. Беспоисковые адаптивные системы управления электроприводами
9-2-1. Эталонные модели в беспоисковых адаптивных системах управления
9-2-2. Адаптивные системы управления со стабилизацией частотных и временных характеристик
9-2-3. Адаптивные системы управления, построенные на сравнении высокочастотных и низкочастотных составляющих сигналов
9-2-4. Адаптивные системы управления с переключающейся структурой регуляторов
9-2-5. Адаптивные системы управления с наблюдающими устройствами идентификации

9-3. Поисковые адаптивные системы управления электроприводами
9-3-1. Особенности поисковых систем управления
9-3-2. Организация движений к экстремуму в поисковых адаптивных системах управления
9-3-3. Адаптивная система управления высокоточным электроприводом с минимизацией среднеквадратичной ошибки

Глава десятая. Моделирование систем управления электроприводами

10-1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования
10-2. Основные этапы и методы моделирования автоматических систем управления на АВМ
10-3. Эффективность использования структурной схемы в качестве исходного математического описания моделируемой системы
10-4. Преобразование исходной структурной схемы
10-4-1. Преобразования, связанные с устранением идеальных дифференцирующих звеньев
10-4-2. Детализация звеньев со сложными передаточными функциями
10-4-3. Преобразования, направленные на исключение нежелательных связей

10-5. Составление структурной схемы модели и определение ее параметров
10-5-1. Составление структурной схемы модели по детализированной структурной схеме системы
10-5-2. Определение параметров структурной схемы модели

10-6. Алгоритмы численных методов моделирования систем управления на ЦВМ
10-6-1. Метод Эйлера (метод ломаных)
10-6-2. Усовершенствованный метод Эйлера—Коши с итерациями
10-6-3. Метод Рунге—Кутта (четвертого порядка)
10-6-4. Метод А. В. Башарина

10-7. Математическое моделирование систем управления на ЦВМ
10-7-1. Алгоритм без итераций (первое приближение)
10-7-2. Алгоритм с итерациями (второе приближение)
10-7-3. Стандартная и рабочая части алгоритма

Глава одиннадцатая. Синтез систем управления электроприводами

11-1. Общие соображения о синтезе АСУ ЭП с применением ЭВМ
11-2. Синтез автоматических систем управления электроприводами на ЦВМ
11-2-1. Инверсные уравнения для основных составляющих обобщенного алгоритма синтеза
11-2-2. Обобщенный алгоритм синтеза нелинейных систем управления электроприводами
11-2-3. Организация процедуры вычислений

11-3. Примеры решения трех основных задач синтеза системы автоматического управления
11-3-1. Задача первая - функциональный синтез
11-3-2. Задача вторая - структурно-параметрический синтез
11-3-3. Задача третья - параметрический синтез

Список литературы
Предметный указатель

ПРЕДИСЛОВИЕ

Бурный технический прогресс в области электротехники и электроники, наблюдающийся в последние годы, привел к существенным изменениям в теории и практике электрического привода. Эти изменения, прежде всего, касаются создания новой элементной базы и технических средств автоматизации, быстрого расширения областей и объемов применения регулируемого электропривода, который преимущественно реализуется в виде тиристорного электропривода постоянного и переменного тока. Существенные изменения произошли также в развитии автоматических систем управления электроприводами. Эти системы характеризуются преимущественным использованием принципов подчиненного регулирования, расширением практического применения адаптивного управления, развитием работ по векторным принципам управления электроприводами с двигателями переменного тока, применением аналоговых и цифроаналоговых систем управления на базе интегральных микросхем. Все шире используются управляющие вычислительные машины различных уровней, развиваются работы по прямому цифровому управлению электроприводами и др.

Учитывая современное состояние и перспективы развития автоматических систем управления электроприводами, авторы сочли целесообразным отойти от традиционного построения учебных пособий по системам управления электроприводами, сосредоточив основное внимание на теории, принципах построения и методах расчета современных автоматических систем управления тиристорными электроприводами. В книге не затрагиваются вопросы, относящиеся к системам управления с релейно-контакторным управлением и логическими элементами и к системам управления электроприводами с электромашинными и магнитными усилителями.

Не рассматриваются также принципы построения систем управления синхронными

электродвигателями, так как вопросы теории и практики этих систем пока не установились.

Книга содержит одиннадцать глав. В гл. 1 излагаются основные принципы построения автоматических систем управления электроприводами в свете современного состояния теории и методов математического описания систем управления. В гл. 2—8 рассматриваются системы управления электроприводами постоянного и переменного тока, в гл. 9 — вопросы адаптации в автоматических системах управления электроприводами. В гл. 10 рассмотрены принципы моделирования систем управления электроприводами на АВМ и ЦВМ, а в гл. II — применение ЦВМ для решения задач синтеза.

Авторы стремились на базе единого методологического подхода систематизировать и обобщить имеющийся обширный материал по излагаемым в книге вопросам. Главы 1 (кроме п. 1-1-2), 2, 4, 6 и 8 написаны доцентом Г. Г. Соколовским, гл. 3, 5, 9 — доцентом В. А. Новиковым, гл. 7 по просьбе авторов написана доцентом А. Я. Зыковым, гл. 10 и 11, а также п. 1-1-2 — профессором А. В. Башариным.

В процессе работы над рукописью книги авторы постоянно опирались на помощь своих коллег — сотрудников кафедры электрификации и автоматизации промышленности ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина), которым они выражают глубокую признательность. Оии благодарны также доценту Б. А. Тихомирову за помощь в подготовке к печати гл. 7 и доценту В. Л. Грузову за просмотр ряда глав рукописи и ценные советы.

Авторы признательны заслуженному деятелю науки и техники РСФСР профессору Ю. А. Сабинину и сотрудникам кафедры «Автоматизированный электропривод» МЭИ за внимательное прочтение рукописи и полезные советы, которые авторы постарались в максимальной степени учесть.

Замечания и пожелания по книге просьба направлять по адресу: 191041, Ленинград, Марсово поле, д. 1, Ленинградское отделение Энергоиздата.

Авторы

Скачать книгу Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. Ленинград, Издательство "Энергоиздат", Ленинградское отделение, 1982