

Стандартная форма распределения корней 35	Управление группами реверсивного тиристорного преобразователя согласованное совместное 50
Статическая ошибка системы 57	— — — — — раздельное 51
Суммарная малая постоянная времени 25	Управление многодвигательным электроприводом комбинированное 191
Схема сложения и вычитания импульсов 256	— — — параллельное 191
— синхронизации 256	— — — последовательное 191
Тестовые сигналы гармонические 285	Управляющая часть системы 7
— — импульсные 295	Эквивалентная малая постоянная времени 29
— — ступенчатые 295	— передаточная функция комбинированной системы 213
Токовая отсечка 75	
Точность статическая 162	
— динамическая 163	

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава первая. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ	5
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	9
1-2. Математическое описание АСУ ЭП	11
1-2-1. Математическое описание нелинейных АСУ ЭП и их линеаризация	—
1-2-2. Формы математического описания линеаризованных АСУ ЭП	15
1-3. Стандартные настройки и их применение	17
1-3-1. Стандартные настройки простейших контуров	—
1-3-2. Настройка контуров при наличии нелинейностей	21
1-3-3. Одноконтурная система. Понижение расчетного порядка системы	23
1-3-4. Ограничение промежуточных координат. Принцип подчиненного регулирования	26
1-3-5. Реализация передаточных функций регуляторов, выполненных на операционных усилителях	30
1-4. Восстановление переменных состояния объекта управления с помощью наблюдающих устройств	33
1-4-1. Принцип построения наблюдающего устройства полного порядка	—
1-4-2. Редуцированный наблюдатель	36
Глава вторая. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА	38
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	40
2-1-3. Неревверсивный <i>ТП</i> , работающий на двигатель, при непрерывном токе	42
2-1-4. Статические характеристики неревверсивного преобразователя при наличии прерывистых токов	47
2-1-5. Ревверсивный <i>ТП</i>	50
2-1-6. Динамические свойства тиристорного электропривода	52
2-2. Типовые структуры автоматических систем управления скоростью электропривода	53
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	59
2-2-3. Система двухзонного регулирования скорости электропривода	64
2-2-4. Компенсация нелинейностей, связанных с двухзонным регулированием	72
2-3. Некоторые особенности построения систем управления электроприводами, связанные со свойствами тиристорного преобразователя как элемента системы	74
2-3-1. Ограничение якорного тока в переходных процессах	—
2-3-2. Регулирование уравнивающего тока в тиристорном электроприводе при совместном управлении группами реверсивного <i>ТП</i>	77
2-3-3. Линеаризация характеристик токового контура при использовании <i>ТП</i> с отдельным управлением группами тиристоров	79

Глава третья. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

3-1. Двигатели переменного тока как элементы АСУ	84
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	94
3-2. Тиристорные преобразователи, работающие на электродвигателе переменного тока, как элементы АСУ	97
3-2-1. <i>ТП</i> частоты со звеном постоянного тока	—
3-2-2. <i>ТП</i> частоты с непосредственной связью	103
3-2-3. <i>ТП</i> в роторных цепях асинхронных электродвигателей	104
3-3. Автоматические системы управления скоростью асинхронных короткозамкнутых электродвигателей	107
3-3-1. Частотное управление электродвигателями в статических режимах	—
3-3-2. Системы частотного управления с функциональными преобразователями координат	110
3-3-3. Системы частотного управления с обратными связями по ЭДС статора, скорости двигателя, скорости и току двигателя	113
3-3-4. Системы частотно-токового управления	116
3-3-5. Система векторного управления	119
3-4. Автоматические системы управления скоростью асинхронных электродвигателей с фазным ротором	125
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	127
3-4-3. Система управления с воздействием на напряжение статора	130

Глава четвертая. УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРИ УПРУГОЙ СВЯЗИ ДВИГАТЕЛЯ С МЕХАНИЗМОМ		131
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	138
4-2.	Управление скоростью электропривода двухмассового упруговязкого механизма в системе с подчиненным токовым контуром	143
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	147
4-2-3.	Некоторые способы коррекции системы подчиненного регулирования с упругостью при малых коэффициентах соотношения масс	154
4-2-4.	Наблюдатель в системе управления скоростью с подчиненным токовым контуром	157
Глава пятая. СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ		161
5-1.	Задачи стабилизации скорости электроприводов	—
5-1-1.	Классификация ССС	—
5-1-2.	Системы обработки информации о параметрах движения	163
5-1-3.	Оптимизация систем стабилизации скорости с учетом регулярных и случайных составляющих возмущений и помех	169
5-2.	Системы стабилизации скорости однодвигательных электроприводов	175
5-2-1.	Аналоговые ССС	—
5-2-2.	Цифроаналоговые и цифровые ССС точных электроприводов	176
5-2-3.	Импульсно-фазовые системы стабилизации скорости высокоточных электроприводов	181
5-3.	Системы стабилизации скорости многодвигательных электроприводов	166
5-3-1.	Характеристика промышленных установок с многодвигательными электроприводами	—
5-3-2.	Системы управления скоростью и соотношением скоростей взаимосвязанных многодвигательных электроприводов	190
5-3-3.	Цифроаналоговые и цифровые системы управления скоростью и соотношением скоростей взаимосвязанных многодвигательных электроприводов	197
Глава шестая. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ МЕХАНИЗМА		199
6-1.	Принцип построения системы управления положением	—
6-2.	Система управления положением механизма в режиме позиционирования	203
6-2-1.	Настройка в режиме малых перемещений	—
6-2-2.	Позиционная система при обработке средних и больших перемещений. Реализация требуемого закона перемещения	205
6-2-3.	Параболический регулятор положения	208
6-3.	Система управления положением механизма в режиме слежения	210
6-3-1.	Задача следящего управления. Ошибки при обработке управляющего воздействия	—
6-3-2.	Повышение точности обработки управляющего воздействия за счет применения комбинированного управления	212
6-3-3.	Двухканальные следящие электроприводы	216
		389

6-3-4. Ошибки системы при основном возмущении и пути их уменьшения	220
6-4. Влияние некоторых особенностей механизма на работу следящего электропривода	224
6-4-1. Сухое трение и компенсация его влияния	—
6-4-2. Электромеханическая выборка зазора в следящем электроприводе	226
6-4-3. Настройка контура положения в системе с упругостью	230
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	234
7-2. Формирование законов управления АСУ ЭП в системах ЧПУ	235
7-2-1. Подготовка числовых программ на основании геометрической и технологической информации	—
7-2-2. Кодирование и воспроизведение числовой программной информации	238
7-2-3. Интерполяторы	240
7-3. Программные системы управления электроприводом с шаговыми двигателями	245
7-3-1. Основные характеристики шагового двигателя	—
7-3-2. Управление шаговым электроприводом	249
7-4. Программные АСУ ЭП, замкнутые по положению исполнительного органа	251
7-4-1. Датчики положения в программных АСУ ЭП	—
7-4-2. Программная АСУ ЭП с импульсным датчиком и преобразователем «код—напряжение»	255
7-4-3. Импульсно-фазовая программная АСУ ЭП	259
7-4-4. Программная АСУ ЭП с фазовым датчиком, работающим в амплитудном режиме	262
7-4-5. Позиционная система программного управления	266
7-5. Система программного управления с управляющей вычислительной машиной	271
7-5-1. Принципы работы и основные функции устройства ЧПУ с УВМ	—
7-5-2. Программная АСУ ЭП для многокоординатной установки	276
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	281
8-2. Типовые структуры автоматических систем управления электроприводом, обеспечивающие стабилизацию натяжения	283
8-2-1. Автоматическая система управления электроприводом с регулированием мощности	—
8-2-2. Автоматическая система регулирования натяжения с поддержанием тока якоря	235
8-2-3. Система двухзонного управления электроприводом наматывающего устройства	290

Глава девятая. АДАПТАЦИЯ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ . . . 293

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	295
9-1-3. Адаптивные наблюдающие устройства идентификации	296
9-2. Беспонсковые адаптивные системы управления электроприводами	299
9-2-1. Эталонные модели в беспонсковых адаптивных системах управления	—
9-2-2. Адаптивные системы управления со стабилизацией частотных и временных характеристик	301
9-2-3. Адаптивные системы управления, построенные на сравнении высокочастотных и низкочастотных составляющих сигналов	303
9-2-4. Адаптивные системы управления с переключающейся структурой регуляторов	306
9-2-5. Адаптивные системы управления с наблюдающими устройствами идентификации	310
9-3. Поискные адаптивные системы управления электроприводами	314
9-3-1. Особенности поисковых систем управления	—
9-3-2. Организация движений к экстремуму в поисковых адаптивных системах управления	315
9-3-3. Адаптивная система управления высокоточным электроприводом с минимизацией среднеквадратичной ошибки	320

Глава десятая. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ 325

10-1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования	—
10-2. Основные этапы и методы моделирования автоматических систем управления на АВМ	327
10-3. Эффективность использования структурной схемы в качестве исходного математического описания моделируемой системы	329
10-4. Преобразование исходной структурной схемы	330
10-4-1. Преобразования, связанные с устранением идеальных дифференцирующих звеньев	332
10-4-2. Детализация звеньев со сложными передаточными функциями	334
10-4-3. Преобразования, направленные на исключение нежелательных связей	335
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	341
10-6. Алгоритмы численных методов моделирования систем управления на ЦВМ	347
10-6-1. Метод Эйлера (метод ломаных)	349
10-6-2. Усовершенствованный метод Эйлера—Коши с итерациями	—
10-6-3. Метод Рунге—Кутты (четвертого порядка)	—
10-6-4. Метод А. В. Башарина	350
10-7. Математическое моделирование систем управления на ЦВМ	351
10-7-1. Алгоритм без итераций (первое приближение)	352
10-7-2. Алгоритм с итерациями (второе приближение)	355
10-7-3. Стандартная и рабочая части алгоритма	358

Глава одиннадцатая. СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ	362
11-1. Общие соображения о синтезе АСУ ЭП с применением ЭВМ	—
11-2. Синтез автоматических систем управления электроприводами на ЦВМ	364
11-2-1. Инверсные уравнения для основных составляющих обобщенного алгоритма синтеза	365
11-2-2. Обобщенный алгоритм синтеза нелинейных систем управления электроприводами	367
11-2-3. Организация процедуры вычислений	372
11-3. Примеры решения трех основных задач синтеза системы автоматического управления	375
11-3-1. Задача первая — функциональный синтез	376
11-3-2. Задача вторая — структурно-параметрический синтез	379
11-3-3. Задача третья — параметрический синтез	381
Список литературы ¹	383
Предметный указатель	385

Артемий Васильевич Башарин
Владислав Александрович Новиков
Георгий Георгиевич Соколовский

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Редактор *В. А. Романов*
Художественный редактор *Д. Р. Стеванович*
Технический редактор *Н. А. Минеева*
Корректор *С. Ф. Здобнова*
Переплет художника *В. В. Белякова*

ИБ № 1901

Сдано в набор 17.03.82. Подписано в печать 02.07.82. М-22154.
Формат 80×90^{1/16}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. т. 24,5. Усл. кр. отт. 24,5. Уч. изд. л. 29,47. Тираж 40 000 экз. Заказ 351. Цена 1 р. 20 к.

Ленинградское отделение Энергоиздата 191041, Ленинград, Марсово поле, 1

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, 197136, Ленинград, Чкаловский пр., 15