

Анучин, А. С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / А. С. Анучин. — Москва: Академия, 2015. — 371, [1] с.: ил. — Библиогр.: с. 370-372.

УДК 62-83-52(075.8)

ББК 3

Аб №1 — 10 экз.

Ч/З №1 — 5 экз.

Кратко изложены принципы работы электромеханических преобразователей энергии и электронных преобразователей, получены их модели, необходимые для построения систем управления электроприводов. Рассмотрен вопрос построения современных цифровых систем управления с приведением полного перечня всех необходимых элементов и операций в тракте цифровой системы управления. Для электроприводов постоянного тока, синхронных машин с постоянными магнитами и асинхронных двигателей представлены наиболее распространенные системы управления. Все приведенные в книге структуры систем управления сопровождаются подробными графиками модельных экспериментов.

Для студентов магистратуры и специалистов, занимающихся изучением и разработкой систем управления электроприводов.

А.С. Анучин

Системы управления электроприводов

Учебник для вузов

Допущено УМО вузов России по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника"

Москва
Издательский дом МЭИ
2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Принятые обозначения	13
Глава 1. Электромеханические преобразователи энергии	15
Введение	15
1.1. Магнитное поле и преобразование энергии	16
Энергия в электромагнитной системе	16
Механическая работа	19
Механическая сила	20
1.2. Магнитная система с двумя обмотками	23
Описание электромагнитного состояния системы	23
Баланс энергии и электромагнитный момент	26
1.3. Обобщенная электрическая машина	27
Положения и допущения	27
Уравнения обобщенной электрической машины	28
Координатные преобразования	35
Преобразования уравнений обобщенной электрической машины	37
Фазные преобразования	40
Уравнения связи трех- и двухфазных машин	41
1.4. Модели типовых двигателей	43
Модель асинхронного двигателя на базе уравнений обобщенной электрической машины	43
Модель неявнополюсного синхронного двигателя с постоянными магнитами на базе уравнений обобщенной электрической машины	46
Модель двигателя постоянного тока независимого возбуждения на базе уравнений обобщенной электрической машины	47
Выводы	49
Контрольные вопросы и задания	50
Глава 2. Электрические преобразователи	51
Введение	51
2.1. Пассивные элементы	53
Резистор	53
Конденсатор	54
Дроссель	56
Пример расчета процессов в схемах с пассивными элементами	58
2.2. Полупроводниковые элементы	59
Диод	59
Транзистор	60

2.3. Стойка — основной элемент силовой схемы	61
Управление стойкой в режиме широтно-импульсной модуляции	62
Модель стойки	65
2.4. Преобразователи постоянного напряжения — DCDC-преобразователь	68
2.5. Корректоры коэффициента мощности	75
2.6. Двухфазный инвертор для питания ДПТНВ	79
2.7. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока	81
Трехфазный инвертор для приводов переменного тока	83
Способы формирования ШИМ	84
2.8. Высоковольтные преобразователи	102
Многоуровневый инвертор	103
Схема с объединением низковольтных ячеек	108
2.9. Преобразователи частоты с непосредственной связью (НПЧ)	111
Выводы	115
Контрольные вопросы и задания	115
Глава 3. Цифровые системы управления	117
Введение	117
3.1. Обобщенная структура цифровых систем управления	117
3.2. Аналоговые датчики	124
Датчики тока	124
Датчики напряжения	130
3.3. Подключение аналоговых датчиков к микроконтроллеру	130
3.4. Дискретные датчики	137
3.5. Функционирование цифровой системы управления	142
3.6. Машинная арифметика и относительные единицы	150
Проблемы двоичных вычислений	150
Числа с плавающей точкой	151
Относительные единицы	153
Числа с фиксированной точкой и библиотека Qmath	156
Выбор системы относительных единиц	158
3.7. Описание процессов в цифровой системе управления	165
Описание процессов в непрерывных системах. Преобразование Лапласа и передаточные функции	165
Описание процессов в дискретном времени	168
Z-преобразование и дискретные передаточные функции	172
Приближенные способы преобразования	175
3.8. Синтез регуляторов цифровой системы управления	179
Преобразование аналогового регулятора в дискретную область	180
Синтез регулятора в дискретной области	183
Особенности систем с цифровыми регуляторами. Пример стабилизации скорости электропривода	185
Синтез регулятора предельного быстродействия из уравнений электрического равновесия	187
Сводные формулы	190
Работа ПИ-регулятора в составе цифровой системы управления	191

3.9. Прогнозирование сигнала обратной связи для регулятора предельного быстродействия	194
Принцип построения системы прогнозирования	196
Влияние неточности задания параметров и погрешности измерений на работу системы предельного быстродействия	198
3.10. Структуры ПИ-регулятора в цифровой системе и ограничение его выхода	203
Регулятор с неявно выраженными составляющими	205
ПИ-регулятор с раздельными пропорциональным и интегральным каналами и коррекцией в интегральном канале	206
ПИ-регулятор с коррекцией ошибки на входе	209
Результаты моделирования	210
3.11. Пример построения цифровой системы стабилизации тока якоря	210
Исходные данные	211
О дискретных управляющих автоматах	212
Программная реализация	215
Выводы	245
Контрольные вопросы и задания	245

Глава 4. Системы управления на примере электропривода постоянного тока

постоянного тока	247
Введение	247
4.1. Влияние обратных связей на характеристики ДПТНВ	247
Отрицательная обратная связь по току	247
Положительная обратная связь по току	249
Отрицательная обратная связь по скорости	250
Положительная обратная связь по скорости	251
4.2. Последовательная коррекция и подчиненное регулирование координат	253
Последовательная коррекция	253
Компенсация ошибки по ускорению	261
Характеристики системы с положительной обратной связью по скорости. Компенсация ЭДС	263
Подчиненное регулирование координат	264
Наблюдатель. Бездатчиковая система управления для двигателя постоянного тока	270
Положительная обратная связь по току для стабилизации скорости	278
4.3. Двухзонное регулирование	280
4.4. Модальное управление	284
Заданное время переходного процесса	288
Заданная жесткость механической характеристики	289
Исключение датчика обратной связи	290
Обобщенная характеристика модального управления	290
4.5. Релейное регулирование координат	291
Выводы	296
Контрольные вопросы и задания	297

Глава 5. Системы управления синхронного электропривода	298
Введение	298
5.1. Вентильный режим работы синхронного электропривода	298
5.2. Характеристики вентильного электропривода с синусоидальным питанием	305
5.3. Система векторного управления СДПМ	308
5.4. Регулирование токов в системе векторного управления СДПМ	312
5.5. Ослабление потока в системе векторного управления СДПМ	314
5.6. Система векторного бездатчикового управления	316
Бездатчиковый пуск в разомкнутой системе	320
Бездатчиковый пуск с неустойчивым наблюдателем	324
Коррекция оценки углового положения ротора	327
Выводы	328
Контрольные вопросы и задания	328
Глава 6. Системы управления асинхронного электропривода	329
Введение	329
6.1. Способы частотного управления	330
6.2. Скалярное управление	331
Стабилизация скорости и момента в системах скалярного управления	335
6.3. Векторное управление.....	338
Модели наблюдателей для датчиковой системы векторного управления	343
6.4. Подстройка параметров наблюдателя в процессе работы электропривода	347
6.5. Бездатчиковое векторное управление асинхронным двигателем (векторное управление без датчика скорости)	353
6.6. Прямое управление моментом	358
Блок коммутации ключей инвертора	360
Механические и электромеханические характеристики в системе ПУМ	362
Наблюдатели в системах прямого управления моментом	364
Выводы	368
Контрольные вопросы и задания	368
Заключение	369
Библиографический список	370