

621.3

УДК 62-581.6

ББК 3291.07

✓ Б43

Рецензенты:

зав. кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок» МГОУ д-р техн. наук, проф. Г. Б. Онищенко;
проф. кафедры «Системы автоматического управления» СПбГТУ,
д-р техн. наук С. А. Ковчин

Белов М. П.

Б43 Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. — М: Издательский центр «Академия», 2004. — 576 с.
ISBN 5-7695-1314-4

Изложены блочно-модульные принципы построения унифицированных систем автоматизированных электроприводов с программируемыми микроконтроллерами. Рассмотрены принципы построения систем управления механизмами, агрегатами и комплексами на базе автоматизированных электроприводов и компьютерных средств автоматизации. Приведены примеры построения компьютерных систем управления многодвигательными электроприводами машин и агрегатов типовых групп технологического и транспортного оборудования, а также автоматизированных технологических комплексов базовых отраслей промышленности.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». Может быть полезен широкому кругу инженерно-технических работников, занятых разработкой, проектированием и эксплуатацией систем автоматизации.

УДК 62-581.6
ББК 3291.07

© Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н., 2004
© Издательский центр «Академия», 2004

Посвящается 80-летию * первой в стране кафедры «Электрификация промышленных предприятий» Ленинградского электротехнического института (ныне кафедра «Робототехника и автоматизация производственных систем» Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ»), начавшей подготовку инженеров-электроприводчиков

Предисловие

Учебник написан в соответствии с программой дисциплины «Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов», входящей в типовой учебный план подготовки инженеров по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». В нем отражен большой и длительный опыт преподавания этой дисциплины и других схожих с ней дисциплин в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете (ЛЭТИ). В настоящем учебнике сохраняется преемственность с другими учебниками аналогичного направления. Учтены большие изменения, происходящие в теории и практике применения автоматизированного электропривода.

Электропривод переменного тока стал доминирующим в новых разработках технологического оборудования, а частотно-регулируемый электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем широко применяется и выпускается многими электротехническими фирмами мира. Совместно с компьютерными средствами управления привод переменного тока имеет большие функциональные возможности и адаптирован ко всем объектам применения, где ранее использовался привод постоянного тока.

Исходя из этого материал всего учебника можно было изложить с ориентацией на приводы переменного тока. Однако, принимая во внимание то, что в технологическом оборудовании, находящемся в эксплуатации, чаще всего применяется регулируемый электропривод постоянного тока, авторы старались сохранить некое равновесие в изложении материала по приводам обоих родов тока, подчеркивая их равные функциональные возможности.

* Кафедра была основана в 1922 г.

54. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. — М.: Мир, 1975.
55. Яуре А. Г., Певзнер Е. М. Крановый электропривод: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
56. ACS 600 Frequency Converters for Speed and Torque Control of 2.2 to 630 kW Squirrel Cage Motors: Technical Catalogue. ABB Industry Oy, Sweden, Vasteras, 2000.
57. AccuRay 1190 Basic Control Tuning Guide. ABB Industrial Systems Inc. — Sweden, Vasteras, 1994.
58. SIMATIC Комплексная автоматизация производства. Каталог ST 70. — Ч. 1, ч. 2. — Germany, Erlangen, 2001 г..
59. SIMOVERT MASTER DRIVES. Vector Control. Katalog Siemens DA 65.10. — Germany, Erlangen, 1998/1999.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	6
Глава 1. Принципы построения и структура автоматизированных технологических комплексов с системами многодвигательных электроприводов	11
1.1. Типовая структура автоматизированных технологических комплексов	11
1.2. Технические средства комплексов	16
1.2.1. Нерегулируемые и регулируемые электроприводы	16
1.2.2. Программируемые контроллеры и промышленные компьютеры	30
1.2.3. Контрольно-измерительные средства	33
1.2.4. Коммутационная и защитная аппаратура	43
1.3. Энергетические сети	50
1.3.1. Источники и сети электроснабжения систем электроприводов	50
1.3.2. Резервирование электропитания	57
1.3.3. Показатели качества электроэнергии	59
1.3.4. Энергосбережение средствами электропривода	60
1.3.5. Применение правил устройства электроустановок к электроприводам	65
1.4. Информационные сети	74
1.4.1. Структура сетей	74
1.4.2. Сетевые средства	78
1.5. Режимы работы технологического оборудования и электроприводов	80
1.6. Алгоритмы управления электроприводами, механизмами, агрегатами и комплексами	86
1.6.1. Математические модели и структура систем управления	86
1.6.2. Каскадное (подчиненное) и модальное управление	96
1.6.3. Декомпозиция взаимосвязанных систем	98
1.6.4. Управление с использованием нечетной логики	103
Глава 2. Типовые автоматизированные электроприводы	107
2.1. Унифицированные системы электроприводов (комплектные электроприводы)	107

2.2. Блочнo-модульнoе принципo комплектования автоматизированных электроприводов	109
2.2.1. Электроприводы переменного тока	109
2.2.2. Электроприводы постоянного тока	117
2.3. Средства управления и программирования электроприводов	120
2.4. Настройка и диагностирование параметров автоматизированных электроприводов	130
2.5. Сетевые средства систем управления электроприводами	138
Глава 3. Управление движением механизмов с использованием типовых технических средств	143
3.1. Свойства и конструкция основных узлов систем управления движением механизмов	143
3.2. Особенности передаточных механизмов, используемых в системах управления движением исполнительных органов	146
3.3. Динамические модели механизмов	162
3.4. Динамические модели направляющих и опор механизмов	163
3.5. Информационные преобразователи скоростей и перемещений механизмов	164
3.6. Типовые режимы управления механизмами	172
3.6.1. Стабилизация, слежение, позиционирование	172
3.6.2. Программное управление	178
3.6.3. Синхронизация скоростей и положений	180
3.6.4. Управление нагрузкой электроприводов	186
3.6.5. Технологические функции управления механизмами	192
3.7. Механотропные модели в системах управления движением	193
3.8. Расчет и выбор автоматизированных электроприводов и механизмов	198
Глава 4. Электроприводы и системы управления типовым, технологическим и транспортным оборудованием	204
4.1. Типовые группы оборудования технологических комплексов	204
4.2. Системы управления оборудованием	207
4.2.1. Координированное управление механизмами в составе технологического агрегата	207
4.2.2. Средства управления агрегатами	209
4.2.3. Программное обеспечение средств управления	213
4.3. Состав и свойства систем управления оборудованием, предназначенным для физической и химической переработки вещества	216
4.3.1. Характеристика оборудования и электроприводов	216
4.3.2. Управление вентиляторным, насосным и компрессорным оборудованием	227

4.3.3. Управление мельничным и дробильным оборудованием	239
4.3.4. Управление смесителями, центрифугами и сепараторами	243
4.4. Состав и свойства систем управления металло-, дерево- и камнеобрабатывающими станками	246
4.4.1. Характеристика станков и электроприводов	246
4.4.2. Системы числового программного управления металлообрабатывающими станками	257
4.4.3. Управляющие технологические программы	260
4.4.4. Системы стабилизации скорости, усилия, мощности и температуры резания, а также упругих деформаций, возникающих в зоне резания	264
4.4.5. Влияние погрешностей следящих электроприводов на качество металлообработки	271
4.5. Состав и свойства систем управления прокатным, кузнечным прессовым и штамповочным оборудованием	277
4.5.1. Характеристика оборудования и электроприводов	277
4.5.2. Система управления клетью прокатного стана	282
4.5.3. Управление кузнечно-прессовыми машинами	294
4.6. Состав и свойства систем управления резательным оборудованием	296
4.6.1. Характеристика оборудования и электроприводов	296
4.6.2. Система управления ножницами и катящимся резом	302
4.6.3. Система управления летучими ножницами	304
4.6.4. Система управления барабанными ножницами для поперечного резания картона	307
4.7. Состав и свойства систем управления горнодобывающим и нефтегазовым оборудованием	313
4.7.1. Характеристика машин для подземных и наземных разработок и их электроприводов	313
4.7.2. Системы управления экскаваторами типа «прямая лопата» и драглайн	319
4.7.3. Системы управления буровыми станками	327
4.8. Состав и свойства систем управления оборудованием, предназначенным для транспортирования и обработки гибких материалов	339
4.8.1. Характеристика оборудования и электроприводов	339
4.8.2. Системы управления скоростью и соотношением скоростей механизмов, взаимосвязанных ленточным материалом	342
4.8.3. Управление наматыванием и сматыванием материала при косвенном и непосредственном контроле натяжения [5]	346
4.8.4. Системы управления соотношениями скоростей и натяжений материала	354
4.8.5. Система управления продольно-резательным станком	354

4.9. Состав и свойства систем управления промышленными манипуляторами	362
4.9.1. Принципы построения систем управления электроприводами манипуляторов	362
4.9.2. Уравнения кинематики и динамики манипуляторов	364
4.9.3. Взаимосвязанные системы управления движением звеньев манипулятора	369
4.9.4. Управление цикловыми движениями манипулятора	375
4.10. Состав и свойства систем управления транспортным и подъемно-транспортным оборудованием	378
4.10.1. Характеристика транспортного оборудования и электроприводов	378
4.10.2. Системы управления конвейером и транспортером	392
4.10.3. Системы управления маршрутным электротранспортом (трамваем, троллейбусом вагоном метрополитена)	400
4.10.4. Характеристика подъемно-транспортного оборудования и электроприводов	409
4.10.5. Система управления мостовым краном	418
4.10.6. Система управления козловым краном	421
4.10.7. Система управления лифтом	428
4.11. Состав и свойства систем управления оборудованием мониторинга	449
4.11.1. Характеристика электроприводов телевизионных систем наблюдения за технологическим процессом, телескопов и радиотелескопов	449
4.11.2. Система управления радиотелескопом [6]	451
Глава 5. Автоматизированные технологические комплексы	454
5.1. Классификация и структура технологических комплексов базовых отраслей промышленности	454
5.2. Системы управления комплексами	455
5.2.1. Координированное управление агрегатами в составе технологического комплекса	455
5.2.2. Средства управления комплексами	456
5.3. Автоматизированные технологические комплексы агропромышленного производства	461
5.3.1. Характеристика технологических комплексов	461
5.3.2. Автоматизированный конвейер обработки овощей	462
5.3.3. Автоматизированный участок приготовления комбикормов	466
5.4. Автоматизированные технологические комплексы добывающих производств	470
5.4.1. Характеристика технологических комплексов	470
5.4.2. Автоматизированный комплекс открытой разработки на базе роторного экскаватора	472
5.4.3. Автоматизированный комплекс углесприема обогатительной фабрики	475
5.4.4. Автоматизированный комплекс камнедробления	479

5.5. Автоматизированные технологические комплексы металлургического производства	482
5.5.1. Характеристика технологических комплексов	482
5.5.2. Система автоматизации транспортно-технологического комплекса подготовки и подачи слитков к обжимному прокатному стану	493
5.5.3. Система автоматизации обжимного прокатного стана	499
5.5.4. Система автоматизации участка ножниц поперечного резания листового прокатного стана	501
5.5.5. Система управления непрерывным станом холодной прокатки	505
5.6. Автоматизированные технологические комплексы машиностроения	514
5.6.1. Характеристика технологических комплексов	514
5.6.2. Автоматизированный робототехнический комплекс (станок, робот, транспорт)	519
5.6.3. Автоматизированный участок металлообработки (группа станков, транспорт, склад-штабелер)	522
5.6.4. Автоматизированный комплекс с многопозиционным прессом	526
5.7. Автоматизированные технологические комплексы бумагоделательного и полиграфического производства	528
5.7.1. Характеристика технологических комплексов	528
5.7.2. Технологические комплексы полиграфического производства	530
5.7.3. Система автоматизации картоноделательной машины ...	532
5.7.4. Система автоматизации ротационной машины	550
5.8. Автоматизированные технологические комплексы городского хозяйства	555
5.8.1. Характеристика технологических комплексов	555
5.8.2. Система автоматизации насосной станции	556
5.8.3. Система автоматизации вентиляции и кондиционирования воздуха	561
5.8.4. Система автоматизации жизнеобеспечения жилого здания	564
Список литературы	567