

УДК 62-83-52:621.333(075.8)

Б 649

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *Н.И. Щуров*

д-р техн. наук, профессор *В.Н. Аносов*

д-р техн. наук, доцент *О.В. Нос*

Бирюков В.В.

Б 649 Автоматизированный тяговый электропривод: учебник / В.В. Бирюков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 323 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3993-7

Рассматриваются особенности подвижного состава электрического транспорта как объекта автоматического управления при различных уровнях автоматизации. Приведены основы автоматического регулирования и управления, в том числе с применением телемеханики. Рассмотрены основные элементы систем, применяемые при построении автоматизированного тягового привода.

Книга предназначена для студентов магистерского уровня, обучающихся по направлению «Энергетика и электротехника» в качестве учебника по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод».

УДК 62-83-52:621.333(075.8)

ISBN 978-5-7782-3993-7

© Бирюков В.В., 2019

© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Введение	12
Глава 1. Системы автоматического управления.....	17
1.1. Классификация систем автоматического управления.....	17
1.2. Системы автоматического управления ЭПС.....	23
1.3. Управление движением поезда при различных уровнях автоматизации	25
1.4. Особенности условий автоматического регулирования и управления ЭПС	30
Глава 2. Функциональные схемы систем автоматического регулирования	33
2.1. Функциональные схемы и элементы САР ЭПС	33
2.1.1. Объекты регулирования САР	36
2.1.2. Исполнительные элементы САР	49
2.1.3. Управляющие элементы САР	64
2.2. Принципы регулирования, применяемые в САР ЭПС	68
2.3. Типовые функциональные схемы САР ЭПС	74
2.4. Функциональные схемы САР, применяемые на отечественном ЭПС	88
2.4.1. САР скорости ЭПС с релейно-контакторной системой управления	88
2.4.2. САР ЭПС с тиристорными преобразователями.....	89
2.4.3. САР угла запаса инвертора.....	93
2.4.4. Многоконтурные САР ЭПС с тяговыми двигателями независимого возбуждения	98
2.4.5. Адаптивные САР электропоездов.....	100



Глава 3. Структурные схемы САР	103
3.1. Структурные схемы и передаточные функции тягового электродвигателя как линеаризованного объекта регулирования	103
3.2. Структурные схемы, передаточные функции и уравнения разомкнутых и замкнутых САР.....	115
3.2.1. Передаточная функция замкнутой САР в разомкнутом состоянии	116
3.2.2. Передаточная функция замкнутой САР	118
3.2.3. Уравнение выходной координаты САР.....	124
3.3. Точность работы САР в установившемся режиме	126
3.3.1. Нулевая установившаяся ошибка по положению (по координате)	129
3.3.2. Нулевая установившаяся ошибка по скорости	130
Глава 4. Структурные схемы, передаточные функции и уравнения переходных процессов в САР ЭПС	133
4.1. Принципы построения структурных схем САР.....	133
4.2. Введение в схемы САР обратных связей	140
4.3. Нелинейные уравнения переходных процессов в контурах тока ЭПС	142
4.3.1. Система автоматической стабилизации тока возбуждения....	142
4.3.2. Система автоматического регулирования угла запаса выпрямительно-инверторного преобразователя.....	145
4.4. Уравнения контура регулирования скорости ЭПС.....	148
4.4.1. Регулирование скорости ЭПС с тиристорными преобразователями	148
4.4.2. Регулирование скорости ЭПС с резисторно-контакторным управлением.....	152
4.5. Нелинейные САР тягового двигателя и ЭПС	157
4.5.1. Тяговый двигатель, как нелинейный объект регулирования ...	161
4.5.2. Нелинейные системы автоматического регулирования ЭПС	165
4.5.3. Методы исследования и расчёта нелинейных систем.....	167
Глава 5. Синтез систем автоматического регулирования	179
5.1. Принципы коррекции САР	179
5.2. Влияние последовательных и параллельных корректирующих звеньев на качество процесса регулирования.....	182



5.3. Влияние параллельно-встречно включённых корректирующих звеньев на качество процесса регулирования	189
5.4. Особенности синтеза САР ЭПС	193
5.5. Синтез САР ЭПС с нелинейными звеньями	209
Глава 6. Устойчивость и качество регулирования	213
6.1. Понятие об устойчивости и критериях устойчивости.....	213
6.1.1. Критерий устойчивости Михайлова	216
6.1.2. Критерий устойчивости Найквиста	219
6.1.3. Устойчивость различных звеньев	224
6.2. Качество регулирования	233
Глава 7. Системы автоматического управления электроподвижным составом.....	241
7.1. Назначение и области применения систем автоведения.....	241
7.2. Принципы оптимального управления ЭПС	242
7.3. Алгоритмы и программы автоматического управления электроподвижным составом.....	245
7.3.1. Алгоритмы управления ЭПС в режиме тяги.....	246
7.3.2. Алгоритмы управления ЭПС при торможении	250
7.4. Точность движения поездов при автоведении	255
7.4.1. Причины неточного движения поездов.....	255
7.4.2. Выбор алгоритма перехода на выбег	258
7.4.3. Причины неточной остановки поездов.....	261
7.5. Автономные системы автоведения электропоездов, пассажирских и грузовых поездов	266
7.5.1. Одноконтурные системы автоматического управления пассажирскими поездами	266
7.5.2. Двухконтурная система автоматического управления пассажирскими поездами	270
Глава 8. Практическая реализация систем автоматического управления электроподвижным составом	273
8.1. Алгоритмы управления движением поездов на линии метрополитена	274
8.2. Система автоведения поездов метрополитена Санкт-Петербурга	276
8.3. Система автоведения поездов Московского метрополитена.....	281



8.4. Автономные системы автоведения и системы автоведения электровозов и электропоездов	286
Глава 9. Системы телемеханического управления ЭПС	295
9.1. Классификация систем телемеханического управления.....	295
9.2. Система телеуправления ЭПС	301
9.3. Системы диспетчерского автоматического телеуправления локомотивами	305
Заключение	309
Библиографический список	310
Приложения.....	311