

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

**Часть 8
Асинхронный частотно-регулируемый
электропривод**

*Допущено УМО по образованию в области
энергетики и электротехники
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 140604 – «Электропривод
и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»
направления подготовки 140600 –
«Электротехника, электромеханика и электротехнологии»*

Издательство
Томского политехнического университета
2009

УДК 62-83-52(075.8)

ББК 31.291я73

У31

Удуг Л.С.

У31

Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие / Л.С. Удуг, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 448 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы применения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в системах частотно-регулируемого электропривода. Даны рекомендации по выбору электродвигателя и преобразователя, приведена методика определения параметров силовой цепи электропривода. Представлены структурные схемы замкнутых систем, методика оптимизации контуров регулирования и исследования систем. Приведены технические параметры и характеристики электрических машин переменного тока общего назначения.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 140600 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» и магистерской программе 140611 «Электроприводы и системы управления электроприводов».

УДК 62-83-52(075.8)

ББК 31.291я73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор ТУСУР

В.А. Бейнарович

Кандидат технических наук, доцент СГТА

С.Н. Кладиев

ISBN 978-5-98298-542-2

© ГОУ ВПО «Томский политехнический университет», 2009

© Удуг Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В., 2009

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2009

Список литературы к разделу 1

1. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электропроводах. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. – 172 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 272 с.
4. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр "Академия", 2005. – 304 с.
5. Бабаков Н.А., Воронов А.А и др. Теория автоматического управления: учеб. для вузов. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / под ред. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1986. – 367 с.
6. <http://www.ABB.com>
7. <http://www.SIEMENS.de>

Список литературы к разделу 2

1. Асинхронные сервомоторы ST. Руководство по использованию, 2004. [http:// www.servotechnica.ru/catalog/servo-motor](http://www.servotechnica.ru/catalog/servo-motor).
2. Low-voltage three-phase motors. Squirrel-cage motors. Catalogue M11. – Germany, Erlangen, 2003/2004 <http://www.siemens.com/motors>.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
4. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. /под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с. (ч. 2, разд. 9).
5. Мощинский Ю. А., Беспалов В. Я., Кирякин А. А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным // Электричество. – 1998.– № 4. – С. 38–42.
6. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.

7. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И. А. Сыромятников; под ред. Л. Г. Мамиконянца.— М.: Энергоатомиздат, 1984. — 240 с.

8. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: учебное пособие для вузов / И. И. Алиев. — М.: Высшая школа, 2000. — 255 с.

10. Баклин В. С., Гимпельс А. С. Математическая модель частотно-регулируемого асинхронного двигателя // Известия ТПУ. — 2005. — Т. 308. — № 7. — С. 148–153.

11. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин: учебник / И. П. Копылов. — М.: Высшая школа, 2001. — 327 с.

12. Алиев И. И. Электротехнический справочник. — М.: ИП РадиоСофт, 2000. — 384 с.

Список литературы к разделу 3

1. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 164 с.

2. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления электроприводов: учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 152 с.

3. Кояин Н.В., Удут Л.С., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5. Применение программы DORA-FUZZY в расчетах электроприводов постоянного тока: учебное пособие. — Изд. 2-е, перераб. и дополн. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 180 с.

4. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 6. Механическая система электропривода постоянного тока: учебное пособие. — Изд. 2-е, перераб. и дополн.— Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 148 с.

5. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 1. Введение в технику регулирования линейных систем. Часть 2. Оптимизация контура регулирования: учебное пособие. — Изд. 2-е, перераб. и дополн. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 156 с.

Список литературы к подразделу 4.1

1. www.veza.ru
2. Сахарнов Ю.В. Регулируемый электропривод – эффективное энергосберегающее оборудование. <http://www.mtu-net.ru>
3. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник/ А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 502 с.
4. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: "Академия", 2004.
5. Онищенко Г.В., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. – М.: 1972.
6. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 6. Механическая система электропривода постоянного тока: учебное пособие. – Издание 2-е, перераб. и дополн. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 148 с.
7. VLT 2800. Design guide. <http://www.danfoss.com>
8. Калинушкин М.П. Насосы и вентиляторы: учеб. пособие для вузов по спец. «Теплогазоснабжение и вентиляция», 6-е изд., перераб. и дополн. – М.: Высшая школа, 1987. – 176 с.
9. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 152 с.
10. Кояин Н.В., Удут Л.С., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5. Применение программы DORA-FUZZY в расчетах электроприводов постоянного тока: учебное пособие. – Издание 2-е, перераб. и дополн. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 180 с.

Список литературы к подразделу 4.2

1. Петров А.В., Татаринцев Н.И. Применение частотно-регулируемых приводов на питателях сырого угля // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – № 6.
2. Алиев И.И. Электротехнический справочник. – М.: ИП РадиоСофт, 2000. – 384 с.
3. Инвертор частоты SYSDrive 3G3RV. Технические характеристики. Omron on Trascon Technology. – 15 с.

4. Variable Torque Frequency Inverter VARISPEED E7. User's Manual. Omron on Trascon Technology. – 291 с.

5. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 152 с.

6. Кояин Н.В., Удут Л.С., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5. Применение программы DORA-FUZZY в расчетах электроприводов постоянного тока: учебное пособие. – Издание 2-е перераб. и дополн. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 180 с.

Список литературы к подразделу 4.3

1. Алиев И.И. Электротехнический справочник. – М.: ИП РадиоСофт, 2000. – 384 с.

2. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 164 с.

3. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 152 с.

4. Кояин Н.В., Удут Л.С., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5. Применение программы DORA-FUZZY в расчетах электроприводов постоянного тока: учебное пособие. – Издание 2-е, перераб. и дополн. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2007. – 180 с.

5. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 6. Механическая система электропривода постоянного тока: учебное пособие. – Издание 2-е, перераб. и дополн.– Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 148 с.

6. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2002. – 528 с.

7. Черных, И.В. Моделирование электрических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink – СПб. ; М. : Питер : ДМК Пресс, 2008. — 288 с.

8. Дьяконов В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 : Основы применения : Полное руководство пользователя – М. : СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

Список литературы к разделу 5

1. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.
2. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: учебное пособие для вузов / И.И. Алиев. – М.: Высшая школа, 2000. – 255 с.
3. *Catalogue D81.1*, 2006. – <http://www.siemens.de/Low-voltage-motors>.
4. Преобразователи частоты для одно- и многодвигательного электропривода мощностью от 2.2 кВт до 2300 кВт. Каталог *DA 65.10*, 2001. – [http://www.siemens.de/Simovert Masterdrives vector control](http://www.siemens.de/Simovert-Masterdrives-vector-control)
5. Преобразователи частоты для двигателей переменного тока до 90 кВт. Каталог *DA 64*, 1999. – [http://www.siemens.de/Micromaster, Micromaster Vector, Midimaster Vector, Combimaster](http://www.siemens.de/Micromaster-Micromaster-Vector-Midimaster-Vector-Combimaster).
6. [http://www.servotechnica.ru/Catalog/Frequency drive](http://www.servotechnica.ru/Catalog/Frequency-drive).
7. <http://www.danfoss.com/Products/Literature/Technical+Documentation>.
8. [http://KEBco.com/ Combivert motors](http://KEBco.com/Combivert-motors)

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1. ТРЕХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ | 4 |
| 1.1. Представление трехфазной машины пространственными векторами | 4 |
| 1.2. Схемы замещения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором | 11 |
| 1.3. Механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя | 18 |
| 1.4. Математическое описание и структурные схемы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором .. | 21 |
| 1.4.1. Математическое описание и структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат α, β | 21 |
| 1.4.2. Математическое описание и структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся произвольно ориентированной системе координат x, y | 23 |
| 1.4.3. Математическое описание и структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат d, q , ориентированной по вектору потокосцепления ротора | 25 |
| 1.5. Принципы реализации систем управления частотно-регулируемых электроприводов | 30 |
| Список литературы к разделу 1 | 46 |
| 2. СИЛОВАЯ ЧАСТЬ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА | 47 |
| 2.1. Выбор асинхронного электродвигателя для частотно-регулируемого электропривода | 47 |
| 2.1.1. Области работы регулируемого электропривода ... | 47 |
| 2.1.2. Типовые характеристики допустимых моментов асинхронных электродвигателей | 49 |

| | |
|---|------------|
| 2.1.3. Предварительный выбор электродвигателя | 61 |
| 2.2. Справочные и расчетные параметры электродвигателя | 67 |
| 2.3. Выбор типа преобразователя и способа регулирования скорости | 75 |
| 2.3.1. Рекомендации по предварительному выбору преобразователя частоты | 76 |
| 2.3.2. Выбор способа управления скоростью двигателя в системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель .. | 78 |
| 2.3.3. Выбор несущей частоты инвертора | 79 |
| 2.4. Силовой канал электропривода | 80 |
| 2.4.1. Схема реализации силовой части регулируемого электропривода с преобразователем частоты | 80 |
| 2.4.2. Структурные схемы силового канала электропривода | 84 |
| 2.4.3. Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала электропривода | 89 |
| 2.4.4. Расчет предельных характеристик разомкнутой системы ПЧ–АД и оценка выполнения заданной области работы электропривода | 90 |
| 2.4.5. Расчет характеристик разомкнутой системы ПЧ–АД с учетом эффекта вытеснения тока в обмотке ротора и насыщения магнитной системы | 106 |
| 2.5. Определение мощности торможения | 117 |
| Список литературы к разделу 2 | 120 |
| | |
| 3. ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ... | 121 |
| 3.1. Линеаризованная САУ частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением .. | 121 |
| 3.1.1. Структурная схема линеаризованной САУ частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением | 121 |
| 3.1.2. Определение характеристики блока формирования задания на управление потокосцеплением | 124 |
| 3.1.3. Оптимизация контуров регулирования | 125 |
| 3.1.4. Обработка контуром скорости возмущающих воздействий | 145 |

| | |
|--|------------|
| 3.2. Статические характеристики частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением . . | 148 |
| 3.2.1. САР потокосцепления | 149 |
| 3.2.2. Расчет статических характеристик однозонного асинхронного электропривода с векторным управлением | 151 |
| 3.2.3. Расчет статических характеристик двухзонного асинхронного электропривода с векторным управлением и независимым регулированием потокосцепления . . . | 159 |
| 3.3. Линеаризованная САУ следящего электропривода | 167 |
| 3.3.1. Структурная схема следящего электропривода | 167 |
| 3.3.2. Оптимизация контура положения с инерционной обратной связью | 167 |
| 3.3.3. Оптимизация контура положения с безынерционной обратной связью | 180 |
| 3.3.4 Оптимизация контура положения с безынерционной обратной связью и задатчиком интенсивности скорости | 188 |
| 3.4. Нелинейная САУ регулируемого электропривода | 190 |
| 3.4.1. Структурная схема нелинейной САУ регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением | 190 |
| 3.4.2. Расчет динамических и статических характеристик регулируемого электропривода с использованием нелинейной модели | 192 |
| 3.4.3. Учет квантования сигналов управления по уровню в контурах регулирования САУ регулируемого электропривода | 194 |
| 3.5. Нелинейная САУ следящего электропривода | 199 |
| 3.5.1. Структурная схема нелинейной САУ следящего асинхронного электропривода с векторным управлением | 199 |
| 3.5.2. Учет квантования сигналов управления по уровню в контуре положения следящего электропривода | 201 |
| Список литературы к разделу 3 | 202 |
| | |
| 4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ | 203 |
| 4.1. Электропривод вентилятора вР 80-75-6,3 | 203 |
| 4.1.1. Аэродинамические характеристики и параметры вентилятора ВР 80-75-6,3 | 205 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.2. Выбор приводного двигателя | 211 |
| 4.1.3. Расчетные параметры электродвигателя | 212 |
| 4.1.4. Расчетные параметры схемы замещения электродвигателя | 213 |
| 4.1.5. Механические характеристики вентилятора | 214 |
| 4.1.6. Предельные характеристики разомкнутой системы преобразователь – двигатель | 217 |
| 4.1.7. Выбор преобразователя частоты | 222 |
| 4.1.8. Выбор закона частотного регулирования | 224 |
| 4.1.9. Расчет статических характеристик системы преобразователь – двигатель при частотном регулировании | 224 |
| 4.1.10. Структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и вентиляторной нагрузкой | 235 |
| 4.1.11. Имитационная модель двухфазного АД с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат и вентиляторной нагрузкой | 237 |
| 4.1.12. Имитационная модель силового канала электропривода | 240 |
| 4.1.13. Примеры моделирования системы преобразователь частоты - асинхронный электродвигатель | 242 |
| 4.1.14. Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода вентилятора со скалярным управлением | 250 |
| 4.1.15. Имитационная модель асинхронного электропривода вентилятора со скалярным управлением | 250 |
| 4.1.16. Имитационные исследования частотно-регулируемого асинхронного электропривода вентилятора со скалярным управлением | 254 |
| 4.1.17. Сравнение энергетических показателей частотно- регулируемого асинхронного электропривода вентилятора | 258 |
| Список литературы к разделу 4.1 | 261 |
| | |
| 4.2. Электропривод шнекового питателя сырого угля | 262 |
| 4.2.1. Кинематическая схема механизма питателя | 263 |
| 4.2.2. Обоснование применения частотно-регулируемого электропривода для питателя сырого угля | 264 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.3. Особенности выбора частотно-регулируемого привода ПСУ | 264 |
| 4.2.4. Выбор приводного двигателя питателя | 267 |
| 4.2.5. Механическая система электропривода и её параметры | 269 |
| 4.2.6. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по каталожным данным ... | 270 |
| 4.2.7. Расчет естественных характеристик электродвигателя | 272 |
| 4.2.8. Выбор способа частотного регулирования скорости вращения приводного электродвигателя питателя ... | 274 |
| 4.2.9. Выбор преобразователя частоты | 275 |
| 4.2.10. Расчет механических и электромеханических характеристик системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель | 277 |
| 4.2.11. Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода питателя со скалярным управлением | 285 |
| 4.2.12. Структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и реактивной нагрузкой | 285 |
| 4.2.13. Имитационная модель двухфазного АД с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат и реактивной нагрузкой | 289 |
| 4.2.14. Имитационная модель силового канала электропривода | 293 |
| 4.2.15. Имитационные исследования частотно-регулируемого асинхронного электропривода питателя | 298 |
| Список литературы к разделу 4.2 | 300 |
| | |
| 4.3. Следящий асинхронный электропривод приемного устройства | 301 |
| 4.3.1. Описание технологического процесса экструзионной линии | 301 |
| 4.3.2. Кинематическая схема механизма приёмника | 301 |
| 4.3.3. Технические требования к электроприводу экструзионной линии | 303 |
| 4.3.4. Справочные параметры асинхронного электродвигателя | 304 |
| 4.3.5. Расчетные параметры электродвигателя | 305 |
| 4.3.6. Параметры механической системы электропривода | 308 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.7. Справочные параметры преобразователя частоты . . . | 311 |
| 4.3.8. Расчетные параметры преобразователя | 312 |
| 4.3.9. Выбор способа регулирования скорости | 312 |
| 4.3.10. Расчетные параметры структурной схемы электродвигателя | 313 |
| 4.3.11. Предельные характеристики системы преобразователь – двигатель и проверка обеспечения заданной области работы электропривода | 314 |
| 4.3.12. Структурная схема силового канала системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель | 320 |
| 4.3.13. Линеаризованная САУ электропривода приемного устройства | 320 |
| 4.3.14. Оптимизация контуров регулирования САР электропривода | 324 |
| 4.3.15. Имитационные исследования работы следящего электропривода приемного устройства | 335 |
| Список литературы к разделу 4.3 | 361 |
| | |
| 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА .. | 362 |
| 5.1. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором | 362 |
| 5.1.1. Асинхронные электродвигатели общего назначения серии 4А | 362 |
| 5.1.2. Асинхронные электродвигатели общего назначения серии АИ | 363 |
| 5.1.3. Асинхронные электродвигатели общего назначения фирмы <i>Siemens</i> | 363 |
| 5.1.4. Асинхронные серводвигатели серии <i>ST</i> | 367 |
| 5.2. Преобразователи частоты с инвертором напряжения .. | 368 |
| 5.2.1. Преобразователи частоты фирмы <i>Danfoss</i> | 368 |
| 5.2.2. Преобразователи частоты <i>Simovert Masterdrives</i> <i>VectorControl</i> фирмы <i>Siemens</i> | 372 |
| 5.2.3. Преобразователи частоты фирмы <i>KEB</i> | 374 |
| Список литературы к разделу 5 | 441 |

Учебное издание

УДУТ Леонид Степанович
МАЛЬЦЕВА Ольга Павловна
КОЯИН Николай Вадимович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Часть 8 Асинхронный частотно-регулируемый электропривод

Учебное пособие


Научный редактор *доктор технических наук,*
профессор Р.Ф. Бекишев
Редактор *О.Н. Свинцова*
Компьютерная верстка *Н.В. Кояин*
Дизайн обложки *Т.А. Фатеева*

Подписано к печати . . . 2009. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать RISO. Усл. печ. л. 26.04. Уч.-изд. л. 23.58.
Заказ . Тираж экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел/факс: +7(3822) 56-35-35, www.tpu.ru