

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

---

Л. С. Удут, Н. В. Кояин, О. П. Мальцева

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

**Часть 6  
Механическая система электропривода**

Издание второе,  
переработанное и дополненное

*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  
Томск 2007

УДК 68-83-52

У31

**Удут Л. С.**

У31 Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 6. Механическая система электропривода: учебное пособие / Л.С. Удут, Н.В., Кояин, О.П. Мальцева. – Издание 2-е переработанное и дополненное – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 148 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы расчета механической системы электроприводов. Представлены структурные схемы механической части и силового канала одно и многодвигательных электроприводов, методика и примеры расчета параметров. Приведены необходимые справочные сведения.

Пособие предназначено для студентов специальности 140604 – «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов».

УДК 68-83-52

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор  
Томского университета систем управления и радиоэлектроники  
*В.А. Бейнарович*

Кандидат технических наук, доцент  
Северской государственной технологической академии  
*С.Н. Кладиев*

© Томский политехнический университет, 2007

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2007

## Список литературы

1. Ключев В.И. Теория электропривода: учебник для Вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
2. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: учебник для Вузов.– М.: Энергия, 1981. – 360 с.
3. Поздеев А.Д. Механика приводов металлорежущих станков: учебное пособие.–Чебоксары: Изд. Чуваш. ун-та, 1988. – 88 с.
4. Расчет собственных частот колебаний исполнительных механизмов электроприводов: метод. указ. к курсовому проектированию/Сост. А.Д. Поздеев.–Чебоксары: Изд. Чуваш. ун-та, 1988. – 36 с.
5. Кордыш Л.М. и др. Исполнительные механизмы приводов подач подвижных узлов металлорежущих станков с ЧПУ: обзор.–М.: НИИМаш, 1980. – 57 с.
6. Носырев М.В., Карякин А.Л. Расчет и моделирование САУ главных электроприводов одноковшовых экскаваторов: учеб. пособие.– Свердловск: Изд. СГИ им. В.В. Вахрушева, 1987. – 88 с.
7. Березовский Ю.Н. и др. Детали машин: Учебник для машиностроительных техникумов/Ю.Н. Березовский, Д.В. Чернилевский, М.С. Петров/ Под ред. Н.А. Бородина.– М.: Машиностроение, 1983. – 384 с.
8. Лебедев А.М. и др. Следящие электроприводы станков с ЧПУ/ А.М. Лебедев, Р.Т. Орлова, А.В. Пальцев.– М.: Энергоатомиздат, 1988. – 223 с.
9. Ключев В.И. Механика электропривода с червячной передачей/Электромеханика. 1960. №8. –С. 111–118.
10. Цаллагов А.П. и др. Упругие колебания в системе электропривода клетки стана горячей прокатки.–Гор. институт, Тяжпромэлектропроект, 1980, №1/– С. 3–7.
11. Современные карьерные экскаваторы /– Садовский и др. – М.:Недра, 1971. – 480 с.
12. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 1. Введение в технику регулирования линейных систем. Ч. 2. Оптимизация контура регулирования : учеб. пособие.– Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
13. Ключев В. И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. – М.: Энергия, 1971. – 320 с.
14. Егоров В. Н., Шестаков В. М. Динамика систем электропривода.– Л.: Энергоатоммаш: Ленингр. отд-ние, 1983.– 216 с.

- 15.Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами/ Под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982.– 416 с.
- 16.Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983.– 616 с.
- 17.Электротехнический справочник. В 3 т. Т. 3: В 2 кн. Кн.2. Использование электрической энергии/ Под общ. ред. И. Н. Орлова и др. – 7-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1988.– 616 с.
- 18.Краузе Г. Н., Крутилин Н. Д., Сыцко С. А. Редукторы: Справочное пособие.– Л.: Машиностроение, 1972. 144 с.
- 19.Редукторы и мотор-редукторы общепромышленного применения: Справочник/ Л. С. Бойко, А. З. Высоцкий, Э. Н. Галиченко и др.– М.: Машиностроение, 1984. 247 с.
- 20.Кузьмин А. В., Марон Ф. Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин.– Минск: Высшая школа, 1983.– 350 с.
- 21.Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры.– М.: Энергоатом издат, 1984.– 415 с.
- 22.Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя, 6-е изд.– М.: Машиностроение, 1982, т.1, 728 с.; т.2, 584 с.; т.3, 576 с.
- 23.Мотор – редукторы и редукторы: Каталог.– М.: Изд-во стандартов, 1978, 311 с.
- 24.Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами/ Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. –3-е изд. –М.: Энергоатомиздат, 1982.– 416 с.
- 25.Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты.– Екатеринбург: УРО РАН, 2000. –654 с.
- 26.Поздеев А. Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых электроприводах. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. – 172 с.
- 27.Асинхронные двигатели серии 4А : Справочник / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.
- 28.Чернышев А. Ю., Чернышев И. А. Расчет характеристик электроприводов переменного тока. Ч. 1. Асинхронный электродвигатель: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 136 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА .....</b>	<b>3</b>
1.1. Примеры кинематических схем производственных механизмов .....	3
1.2. Коэффициенты передачи, передаточные числа, радиусы приведения .....	7
1.3. Момент инерции вращающихся деталей привода .....	9
1.4. Моменты нагрузки и трения .....	11
1.5. Деформация, податливость и жесткость элементов кинематической цепи .....	13
1.6. Соединение упругих элементов .....	17
1.7. Жесткость и податливость валов и их соединений .....	19
1.8. Жесткость и податливость подшипниковых узлов .....	22
1.9. Жесткость и податливость зубчатых передач .....	24
1.10. Жесткость и податливость неподвижных соединений ...	26
1.11. Линейная жесткость и податливость канатов .....	27
1.12. Моменты и силы внутреннего вязкого трения .....	28
1.13. Кинематические зазоры .....	28
<b>2. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ..</b>	<b>30</b>
2.1. Расчетная схема механической системы и приведение параметров .....	30
2.2. Структурная схема инерционной массы механической системы без учета потерь в передачах .....	37
2.3. Преобразование расчетной схемы механической системы .....	39
2.4. Структурные схемы механических систем с учетом потерь в передаточных механизмах .....	45
2.5. Определение КПД передач .....	48
<b>3. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ СИЛОВОГО КАНАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА .....</b>	<b>52</b>
3.1. Структурные схемы однодвигательных электроприводов .....	52
3.2. Структурные схемы многодвигательных электроприводов .....	62

<b>4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА .....</b>	<b>74</b>
<b>Пример 4.1. Привод механизма продольного перемещения суппорта токарно-винторезного станка модели 16К20Ф3 .....</b>	<b>74</b>
<b>Пример 4.2. Механическая система электропривода горизонтальной двухвалковой клетки непрерывного прокатного стана .....</b>	<b>88</b>
<b>Пример 4.3. Механическая система электропривода подъема экскаватора с оборудованнием прямой механической лопаты .....</b>	<b>97</b>
<b>5. МОДЕРНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ .....</b>	<b>112</b>
<b>5.1. Пути модернизации электропривода постоянного тока ...</b>	<b>112</b>
<b>5.2. Критерии выбора рода тока регулируемого электропривода для производственных механизмов .....</b>	<b>113</b>
<b>5.3. Сравнительная оценка электроприводов постоянного и переменного тока .....</b>	<b>114</b>
5.3.1. Сравнительная оценка электродвигателей .....	114
5.3.2. Сравнительная оценка преобразователей .....	120
5.3.3. Сравнительная оценка электроприводов .....	121
<b>5.4. Выводы .....</b>	<b>124</b>
<b>Приложение 1 .....</b>	<b>126</b>
<b>Приложение 2 .....</b>	<b>130</b>
<b>Приложение 3 .....</b>	<b>132</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>144</b>

**Леонид Степанович Удуг  
Николай Вадимович Кояин  
Ольга Павловна Мальцева**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

**Часть 6  
Механическая система электропривода**


Учебное пособие

Научный редактор  
доктор технических наук, профессор Р.Ф. Бекишев  
Редактор А. А. Цыганкова

Подписано к печати 26.09. 2007. Формат 60x84/16.  
Бумага «Классика».  
Печать RISO. Усл.печ.л. 8,60. Уч.-изд.л. 7,79.  
Заказ . Тираж 100 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.