

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

В.В. ЖУЛОВЯН

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК  
2008

УДК 621.314(075.8)  
Ж 877

***Инновационная образовательная программа НГТУ  
«Высокие технологии»***

Рецензент *К.П. Кадомская*, д-р техн. наук, проф.

Работа подготовлена на кафедре электромеханики для студентов,  
обучающихся по специальности 140160 – Электротехника,  
электромеханика и электротехнологии

**Жуловян В.В.**

Ж 877 Основы электромеханического преобразования энергии :  
учеб. пособие / В.В. Жуловян. – Новосибирск : Изд-во НГТУ,  
2008. – 280 с.

ISBN 978-5-7782-1246-6

Рассмотрены различные подходы к анализу процессов электромеханического преобразования энергии.

Пособие построено на фундаментальных положениях электродинамики, снабжено обширным практическим материалом.

Предназначено для студентов и аспирантов электромеханических специальностей.

**Жуловян Владимир Владимирович**

**ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

**Учебное пособие**

Редактор *Н.В. Городник*

Выпускающий редактор *И.П. Брованова*

Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*

Компьютерная верстка *С.И. Ткачева*

---

Подписано в печать 25.11.2008. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 150 экз.  
Уч.-изд. л. 15,81. Печ. л. 17,0. Изд. № 225. Заказ № 1543. Цена договорная

---

Отпечатано в типографии  
Новосибирского государственного технического университета  
630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

**УДК 621.314(075.8)**

**ISBN 978-5-7782-1246-6**

© Жуловян В.В., 2008

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2008

## Оглавление

Предисловие .....	5
<b>Глава 1. Основные соотношения и законы электромеханического преобразования энергии .....</b>	<b>6</b>
1.1. Пондеромоторная сила, испытываемая замкнутым током во внешнем магнитном поле. Потенциальная функция тока .....	7
1.2. Механическая (пондеромоторная) сила взаимодействия токов .....	10
1.3. Электромеханическое преобразование энергии в поле переменных токов. Энергия магнитного поля .....	14
1.4. Механические силы в переменном магнитном поле .....	25
1.5. Механические силы в электрическом поле .....	33
<b>Глава 2. Уравнения движения электромеханических преобразователей энергии .....</b>	<b>44</b>
2.1. Аналогия между электрическими и механическими системами .....	45
2.2. Составление уравнений движения на основе закона сохранения энергии .....	53
2.3. Уравнения Лагранжа .....	63
2.4. Уравнения Лагранжа–Эйлера. Принцип Гамильтона .....	76
2.5. Уравнения Лагранжа для электрических и электромеханических систем .....	82
2.6. Истинные координаты и квазикоординаты .....	92
2.7. Вывод уравнений движения на основе функции Гамильтона .....	95
Задачи .....	110
<b>Глава 3. Вращающиеся многополюсные электромеханические преобразователи энергии .....</b>	<b>145</b>
3.1. Устройство вращающегося преобразователя энергии .....	146
3.2. Индуктивные (динамические) параметры машины .....	153
3.3. Уравнения движения обобщенной электрической машины .....	160
3.3.1. Уравнения Лагранжа .....	161
3.3.2. Вывод уравнений движения на основе физических законов .....	163
3.3.4. Электромагнитный момент .....	171
3.3.5. Уравнения движения обобщенной электрической машины, выраженные через переменные $\alpha$ , $\beta$ и $d$ , $q$ .....	182

Глава 4. <b>Асинхронные машины</b> .....	192
4.1. Уравнения напряжений, токов, потокосцеплений. Схема замещения.....	193
4.2. Вращающий электромагнитный момент .....	201
4.3. Круговая диаграмма токов.....	209
4.4. Определение по круговой диаграмме основных величин, характеризующих работу асинхронного двигателя.....	216
4.5. Пусковой режим .....	220
Задачи .....	225
Глава 5. <b>Синхронные машины</b> .....	229
5.1. Устройство синхронных машин.....	230
5.2. Уравнения для исследования синхронной машины .....	231
5.3. Установившийся режим работы синхронной машины .....	233
5.5. Колебания и динамическая устойчивость синхронной машины .....	266
Задачи .....	276
Список литературы.....	280