

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Н.Н. ЛИЗАЛЕК, В.Ф. ТОНЫШЕВ

# ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭНЕРГОСИСТЕМ ПРИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ

## СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Утверждено  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК  
2013

УДК 621.311.016.35(075.8)  
Л 558

Рецензенты:  
д-р техн. наук, профессор *А.Г. Фишов*  
д-р техн. наук, профессор *С.В. Горелов*

**Лизалек Н.Н.**  
Л 558 Динамические свойства энергосистем при электромеханических колебаниях. Структурная организация движений и устойчивость: учеб. пособие / Н.Н. Лизалек, В.Ф. Тонышев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 212 с.

ISBN 978-5-7782-2296-0

Учебное пособие посвящено анализу электромеханических переходных процессов в протяженных электроэнергетических системах с большим числом электростанций.

Предназначено для студентов IV и V курсов факультета энергетики НГТУ, а также может быть использовано аспирантами по специальности 05.14.02.

УДК 621.311.016.35(075.8)

ISBN 978-5-7782-2296-0

© Лизалек Н.Н., Тонышев В.Ф., 2013  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	5
Введение. Предмет курса и его задачи .....	7
<b>1. Колебания распределенных механических систем. Основные понятия.....</b>	<b>10</b>
1.1. Свободные колебания простых систем .....	10
1.2. Свободные колебания систем со многими степенями свободы.....	17
1.3. Вынужденные колебания.....	23
1.4. Бегущие волны .....	30
1.5. Задания для самопроверки .....	36
<b>2. Волновые процессы как причина естественной структурной организации электромеханических колебаний энергосистем .....</b>	<b>38</b>
2.1. Математические модели электромеханических переходных процессов в энергосистеме. Свободные колебания в простейшей модели .....	38
2.2. Волновые уравнения колебаний энергосистем .....	45
2.3. Волновые уравнения схем регулярной структуры и их решения .....	52
2.4. Бегущие электромеханические волны .....	55
2.5. Расчет собственных частот, собственных функций и оценка постоянных затухания колебаний в энергосистемах произвольной структуры.....	59
2.6. Структурная организация «малых» колебаний и динамические структуры энергосистемы.....	67
2.7. Основные выводы .....	76
2.8. Задания для самопроверки .....	78
<b>3. Структурный анализ устойчивости и его задачи. Кинетическая и потенциальная энергия системы в электромеханическом переходном процессе .....</b>	<b>80</b>
3.1. Динамические свойства энергообъединения как распределенной колебательной системы.....	81
3.2. Представление о структурном анализе устойчивости и пространственных осцилляторах энергосистемы.....	86
3.3. Получение модели системного уровня на основе принципа наименьшего действия. Сохранение энергии в консервативной системе. ....	97

3.4. Изменения кинетической энергии и импульса при электромеханических переходных процессах в энергосистемах .....	110
3.5. Основные выводы .....	113
3.6. Задания для самопроверки .....	114
<b>4. Структурно организованное движение. Энергетические соотношения и устойчивость .....</b>	<b>116</b>
4.1. Структурная организация движения и его уровни иерархии. Уравнения относительных движений на разных уровнях иерархии.....	116
4.2. Изменение кинетической энергии системы и законы сохранения энергии структурно организованного движения .....	125
4.3. Мгновенные неравновесные состояния. Импульсные и энергетические характеристики ударных возмущений .....	136
4.4. Неустойчивость структурно организованного движения и ее виды. Предельные возмущения.....	141
4.5. Основные выводы .....	147
4.6. Задания для самопроверки .....	148
<b>5. Исследование архитектуры неустойчивых движений энергосистемы при внезапных проходящих возмущениях .....</b>	<b>150</b>
5.1. Получение набора осциллирующих структур. Переход к колебательным структурам при конкретных возмущениях.....	151
5.2. Подход к оценке предельных возмущений для объектов колебательной структуры. Понятие о возможных траекториях .....	154
5.3. Оценка динамической устойчивости для колебательной структуры энергосистемы на основе метода площадей .....	159
5.4. Определение спектра предельных по устойчивости возмущений при импульсных воздействиях. Энерговременные диаграммы неустойчивости.....	180
5.5. Выбор структуры противоаварийного управления на основе исследований архитектуры неустойчивого движения .....	189
5.6. Основные выводы .....	193
5.7. Задания для самопроверки .....	195
Заключение.....	198
Библиографический список .....	200
Приложение 1. Определения основных понятий .....	201
Приложение 2. Характеристика программных средств расчета переходных процессов и структурного анализа устойчивости.....	210