

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В**  
**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.14
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 12 часов;
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 101,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Расчетно-графическая работа Лабораторная работа Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	7 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н. Кузнецов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н. Кузнецов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Получение теоретических и практических навыков анализа переходных электромеханических процессов при малых и больших возмущениях в электроэнергетических системах. При этом основное внимание уделяется методам анализа статической и динамической устойчивости и мероприятиям по их обеспечению.

### Задачи дисциплины

- изучить основные характеристики режимов электроэнергетической системы и соотношения между их параметрами;
- изучить практические критерии устойчивости;
- освоить способ площадей и метод малых колебаний для анализа динамической и статической устойчивости;
- изучить особенности расчетов переходных процессов в сложной системе при учете действия регуляторов возбуждения и скорости, при анализе переходных процессов и устойчивости в узлах нагрузки, а также в асинхронных режимах, возникающих в системе;
- освоить конкретные решения по выбору методов и средств улучшения условий статической и динамической устойчивости электроэнергетической системы.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-3ПК-1 Оценивает параметры режимов	знать: - математические модели элементов ЭЭС и методы расчёта условий устойчивости ЭЭС; - термины и определения в области устойчивости ЭЭС.  уметь: - составлять схемы замещения ЭЭС и определять их параметры для расчёта электромеханических переходных процессов.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-5ПК-1 Анализирует результаты расчетов и исследований	знать: - проблемы устойчивости ЭЭС, технические способы и средства обеспечения условий устойчивости ЭЭС.  уметь: - рассчитывать электромеханический переходный процесс и условия устойчивости ЭЭС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные термины и определения	5	7	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [7], 3-19</p>
1.1	Основные термины и определения. Элементы электроэнергетических систем. Переходные процессы в ЭЭС и их классификация	5		2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
2	Математические модели электроэнергетической системы и её элементов	21		4	4	4	-	-	-	-	-	-	9	
2.1	Математические модели электроэнергетической системы и её элементов. Характеристики мощности ЭЭС	21	4	4	4	-	-	-	-	-	-	9	-	

3	Динамическая устойчивость ЭЭС	20		5	4	6	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение методических указаний и выполнение подготовительных расчётов к лабораторной работе . <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение расчётов динамической устойчивости ЭЭС. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 67-87
3.1	Динамическая устойчивость ЭЭС. Определение условий динамической устойчивости ЭЭС	20		5	4	6	-	-	-	-	-	5	-	
4	Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС	23		3	-	6	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение методических указаний и метода расчёта электромеханических переходных процессов в ЭЭС <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение расчётов электромеханических переходных процессов ЭЭС <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], 21-48
4.1	Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС	23		3	-	6	-	-	-	-	-	14	-	
5	Статическая устойчивость ЭЭС	11		2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в
5.1	Статическая устойчивость ЭЭС.	11		2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	

	Необходимые и достаточные условия статической устойчивости ЭЭС												<p>электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. 3. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков . – М. : Энергия, 1979 . – 456 с.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение методических указаний по лабораторной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 102-131</p>
6	Определение условий статической устойчивости ЭЭС	11	3	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. 3. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков . – М. : Энергия, 1979 . – 456 с.</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Расчёт угловых характеристик мощности ЭЭС и коэффициентов запаса.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение методических указаний по лабораторной работе и выполнение подготовительных расчётов.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>
6.1	Определение условий статической устойчивости ЭЭС	11	3	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p>электромеханические процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. 3. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков . – М. : Энергия, 1979 . – 456 с.</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Расчёт угловых характеристик мощности ЭЭС и коэффициентов запаса.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение методических указаний по лабораторной работе и выполнение подготовительных расчётов.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>

													[1], 31-53
7	Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора	9	4	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
7.1	Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора	9	4	-	-	-	-	-	-	-	5	-	[3], 12-31
8	Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки	15	3	4	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
8.1	Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Устойчивость узла нагрузки	15	3	4	4	-	-	-	-	-	4	-	[3], 41-53
9	Практические критерии устойчивости	11	2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа,
9.1	Практические критерии устойчивости	11	2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	



													1985. 3. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков . – М. : Энергия, 1979 . – 456 с. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 61-76
10	Асинхронный ход в ЭЭС	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 102-130
10.1	Асинхронный ход в ЭЭС. Ресинхронизация	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 102-130
11	Технические способы и средства улучшения условий устойчивости	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 321-345
11.1	Технические способы и средства улучшения условий устойчивости	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы: 1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Курс лекции: учебное пособие / В.А. Строев, О.Н. Кузнецов. – М.: МЭИ, 2013. –120 с. 2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высшая школа, 1985. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 321-345
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	12	32	-	2	-	-	0.5	68	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	12	32		2		-	0.5	101.5		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основные термины и определения

1.1. Основные термины и определения. Элементы электроэнергетических систем. Переходные процессы в ЭЭС и их классификация

Основные понятия и определения: энергетическая система, электроэнергетическая система (ЭЭС). Элементы ЭЭС. Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные процессы в ЭЭС, их классификация по времени протекания. Математическое описание различных переходных процессов и задачи управления ими. Статическая и динамическая устойчивость ЭЭС..

### 2. Математические модели электроэнергетической системы и её элементов

2.1. Математические модели электроэнергетической системы и её элементов. Характеристики мощности ЭЭС

Уравнения электромагнитных переходных процессов в обмотках статора синхронного генератора, их особенности. Преобразование Парка-Горева. Упрощение уравнений Парка-Горева при анализе электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Фиктивная ЭДС представление генератора как элемента электрической цепи. Уравнения синхронного генератора и его векторные диаграммы при опережающей и отстающей оси  $d$ . Уравнение электромагнитного переходного процесса в обмотке возбуждения синхронного генератора. Переходная ЭДС, ее физический смысл. Преобразование Парка-Горева. Упрощение уравнений Парка-Горева при анализе электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Синхронная и фиктивная ЭДС, представление генератора как элемента электрической цепи. Уравнение механического движения ротора генератора, постоянная инерции. Моментно-скоростная характеристика турбины. Выражения для определения электромагнитного момента генератора. Простейшая схема ЭЭС: «генератор – электропередача – шины бесконечной мощности». Векторная диаграмма. Выражения для активной и реактивной мощности на шинах генератора. Характеристика мощности нерегулируемого синхронного генератора. Область существования установившихся режимов и область статической устойчивости простейшей ЭЭС. Практический критерий статической устойчивости. Квазипереходная характеристика мощности. Соотношение максимумов характеристик мощности генератора при и . Характеристика мощности генератора с регулированием возбуждения. Характеристики мощности сложной системы. Собственные и взаимные проводимости, их определение при исключении пассивных узлов: 1) метод преобразования схем, 2) метод единичных токов, 3) прямой ход метода Гаусса..

### 3. Динамическая устойчивость ЭЭС

3.1. Динамическая устойчивость ЭЭС. Определение условий динамической устойчивости ЭЭС

Динамическая устойчивость ЭЭС: определение, задачи расчетов, основные допущения. Способ площадей, его рассмотрение на примере схемы «станция - шины» при отключении одной цепи двухцепной ЛЭП. Определение максимального угла вылета ротора. Определение запаса динамической устойчивости: 1) по соотношению площадей возможного торможения и ускорения. 2) по предельному значению мощности турбины. Аналитическое определение, определение для частного случая разрыва связи с системой. Определение предельного времени отключения трехфазного короткого замыкания в простейшей ЭЭС. Применение способа площадей для системы «станция - станция». Область применения способа площадей..

#### 4. Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС

##### 4.1. Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС

Основы методов численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений. Рассмотрение переходных процессов в простейшей ЭЭС при коротком замыкании общего вида. Сравнительная оценка тяжести короткого замыкания с точки зрения динамической устойчивости. Метод последовательных интервалов – основные допущения, вычислительная схема. Обобщение метода последовательных интервалов на сложную ЭЭС. Расчет методом последовательных интервалов динамической устойчивости системы «станция - шины» при учете электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения генератора. Учет релейной форсировки возбуждения..

#### 5. Статическая устойчивость ЭЭС

##### 5.1. Статическая устойчивость ЭЭС. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости ЭЭС

Статическая устойчивость электроэнергетических систем. Определение устойчивости состояния равновесия по Ляпунову. Теорема Ляпунова. Линеаризация дифференциальных уравнений переходных процессов. Характеристическое уравнение, его корни. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости..

#### 6. Определение условий статической устойчивости ЭЭС

##### 6.1. Определение условий статической устойчивости ЭЭС

Два способа составления характеристического уравнения. Условия статической устойчивости простейшей системы при постоянстве синхронной ЭДС. Составление линеаризованных уравнений переходных процессов для системы «станция - шины» при учете электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения генератора. Составление характеристического уравнения для рассматриваемой системы. Необходимые условия устойчивости. Нарушение статической устойчивости в виде сползания и самовозбуждения. Критерии устойчивости. Критерий Гурвица. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости системы при равном нулю демпферном коэффициенте. Параметрическое самораскачивание. Возможные виды нарушения статической устойчивости и меры по их предотвращению..

#### 7. Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора

##### 7.1. Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора

Требования к регулированию возбуждения генераторов электростанций. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на режимные характеристики и условия статической устойчивости ЭЭС. Принципиальная схема АРВ пропорционального действия. Статические характеристики: угловая характеристика мощности и напряжения при различных значениях коэффициента усиления АРВ по отклонению напряжения. Вывод характеристического уравнения простейшей системы с безынерционным АРВ пропорционального действия. Условия статической устойчивости при равной нулю постоянной времени возбудителя и равном нулю демпферном коэффициенте (условия отсутствия сползания и самораскачивания). Противоречие между статической точностью регулирования и статической устойчивостью. Влияние отличной от нуля постоянной времени возбудителя на условие самораскачивания. Влияние гибкой обратной связи,

охватывающей возбудитель, на его инерционность. Способ снижения инерционности возбудителя при больших возмущениях. АРВ сильного действия. Условия статической устойчивости простейшей системы при АРВ, реагирующем на отклонение напряжения и первую производную угла ротора генератора..

### 8. Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки

8.1. Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Устойчивость узла нагрузки

Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя. Характеристика мощности асинхронного двигателя. Практический критерий статической устойчивости асинхронного двигателя. Влияние внешнего сопротивления на критическое значение скольжения и максимум характеристики мощности. Лавина напряжения и средства ее предотвращения. Устойчивость узла нагрузки при больших возмущениях: пуск двигателя, резкопеременная нагрузка на валу, короткие замыкания..

### 9. Практические критерии устойчивости

9.1. Практические критерии устойчивости

Характеристика реактивной мощности асинхронного двигателя в зависимости от напряжения. Практический критерий статической устойчивости производная от ЭДС по напряжению больше нуля. Исследование с помощью этого критерия влияния поперечной емкостной компенсации на статическую устойчивость узла нагрузки. Статические характеристики мощности узла нагрузки по напряжению, регулирующие эффекты нагрузки. Практический критерий статической устойчивости производная от разницы мощностей генератора и нагрузки по напряжению меньше нуля..

### 10. Асинхронный ход в ЭЭС

10.1. Асинхронный ход в ЭЭС. Ресинхронизация

Асинхронный ход в ЭЭС: причины возникновения, влияние на работу генератора и режимы системы. Условия ресинхронизации..

### 11. Технические способы и средства улучшения условий устойчивости

11.1. Технические способы и средства улучшения условий устойчивости

Мероприятия по обеспечению устойчивости ЭЭС. Мероприятия связанные со строительством сетевых элементов и мероприятия по установке систем автоматического управления..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Определение максимального угла расхождения ЭДС двух электростанций при качаниях;
2. Расчет переходного процесса в простейшей ЭЭС при несимметричных КЗ методом последовательных интервалов без учета и с учетом электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения генератора;
3. Определение предельного времени отключения трехфазного КЗ;
4. Выдача индивидуальных расчетных заданий и обсуждение задач, решаемых в каждом пункте;
5. Собственные и взаимные проводимости расчетных схем. Метод единичных токов.

- Векторная диаграмма синхронного генератора и получение расчетных формул для определения активной мощности;
6. Расчет идеального и действительного предела передаваемой мощности для явнополюсного и неявнополюсного генератора;
  7. Устойчивость асинхронного двигателя;
  8. Способ площадей;
  9. Устойчивость узла нагрузки;
  10. Определение предела передаваемой мощности электропередачи и коэффициентов запаса статической устойчивости при установке на генераторах автоматических регуляторов возбуждения пропорционального и сильного действия. Анализ угловых характеристик мощности. Анализ зависимости предельного значения мощности генератора и коэффициента запаса от коэффициента мощности;
  11. Определение условий статической устойчивости простейшей ЭЭС при APB пропорционального действия генератора.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Статическая устойчивость ЭЭС;
2. Динамическая устойчивость ЭЭС;
3. Устойчивость асинхронной нагрузки ЭЭС.

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение терминов и определений в области устойчивости энергосистем.
2. Обсуждение вопросов математического моделирования энергосистемы и её элементов
3. Обсуждение вопросов динамической устойчивости ЭЭС
4. Обсуждение вопросов расчёта электромеханических переходных процессов ЭЭС
5. Обсуждение вопросов статической устойчивости ЭЭС
6. Обсуждение вопросов расчёта условий статической устойчивости ЭЭС
7. Обсуждение вопросов статической устойчивости регулируемой ЭЭС
8. Обсуждение вопросов переходных процессов в узлах нагрузки ЭЭС
9. Обсуждение вопросов практических критериев статической устойчивости ЭЭС
10. Обсуждение вопросов асинхронного хода ЭЭС и его предотвращения.
11. Обсуждение вопросов способов и средств обеспечения и улучшения условий устойчивости ЭЭС

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)											Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<b>Знать:</b>														
термины и определения в области устойчивости ЭЭС	ИД-3ПК-1	+				+								Тестирование/Проблемы устойчивости, способы и средства улучшения условий устойчивости ЭЭС Тестирование/Термины, понятия и определения
математические модели элементов ЭЭС и методы расчёта условий устойчивости ЭЭС	ИД-3ПК-1		+											Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 Расчетно-графическая работа/Проверка выполнения первой части РГР
проблемы устойчивости ЭЭС, технические способы и средства обеспечения условий устойчивости ЭЭС	ИД-5ПК-1			+		+		+	+			+	+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Тестирование/Проблемы устойчивости, способы и средства улучшения условий устойчивости ЭЭС
<b>Уметь:</b>														
составлять схемы замещения ЭЭС и определять их параметры для расчёта электромеханических переходных	ИД-3ПК-1		+											Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 Лабораторная работа/Защита

процессов													лабораторной работы №3 Контрольная работа/Условия устойчивости ЭЭС
рассчитывать электромеханический переходный процесс и условия устойчивости ЭЭС	ИД-5ПК-1			+	+		+	+	+	+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 Расчетно-графическая работа/Защита РГР Расчетно-графическая работа/Проверка выполнения первой части РГР Контрольная работа/Условия устойчивости ЭЭС



#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Защита РГР (Расчетно-графическая работа)
2. Проверка выполнения первой части РГР (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Проблемы устойчивости, способы и средства улучшения условий устойчивости ЭЭС (Тестирование)
2. Термины, понятия и определения (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Условия устойчивости ЭЭС (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Строев, В. А. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. Курс лекций : учебное пособие по курсам "Электромеханические переходные процессы в ЭЭС", "Переходные электромеханические процессы в ЭЭС" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. А. Строев, О. Н. Кузнецов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 120 с. - ISBN 978-5-9902974-7-0 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5688>;
2. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1978 . – 415 с.;
3. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков . – стереотип . – М. : Альянс, 2015 . – 456 с. - ISBN 978-5-91872-101-8 .;

4. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях : Учебное пособие для вузов / Н. Д. Анисимова, и др. ; Ред. В. А. Веников . – 2-е изд., доп . – М.-Л. : Энергия, 1967 . – 456 с.;
5. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях : Учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов / В. В. Ежков, и др. ; Ред. В. А. Строев . – М. : Знак, 1996 . – 224 с. - ISBN 5-87789-016-6 : 10000.00 .;
6. Зуев, Э. Н. Учебное пособие по курсу "Переходные режимы в электрических системах": Математическое описание элементов электрической системы / Э. Н. Зуев, В. А. Строев ; Ред. И. В. Литкенс ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1983 . – 68 с.;
7. В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков, Л. А. Солдаткина- "Электрические системы", Издательство: "Высшая школа", Москва, 1971 - (439 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450000>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. RastrWin.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-2/15, Учебная лаборатория «Режимов Электрических систем»	стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, лабораторный стенд, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, запасные комплектующие для оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул,

аттестации	аудитория	доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-2/9, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, кондиционер, телевизор, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах

(название дисциплины)

7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Термины, понятия и определения (Тестирование)
- КМ-2 Проверка выполнения первой части РГР (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 Проблемы устойчивости, способы и средства улучшения условий устойчивости ЭЭС (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Условия устойчивости ЭЭС (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)
- КМ-8 Защита РГР (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	5	8	15	11	13	14	16	16
1	Основные термины и определения									
1.1	Основные термины и определения. Элементы электроэнергетических систем. Переходные процессы в ЭЭС и их классификация		+		+					
2	Математические модели электроэнергетической системы и её элементов									
2.1	Математические модели электроэнергетической системы и её элементов. Характеристики мощности ЭЭС			+		+	+	+	+	
3	Динамическая устойчивость ЭЭС									
3.1	Динамическая устойчивость ЭЭС. Определение условий динамической устойчивости ЭЭС			+	+	+	+	+	+	+
4	Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС									
4.1	Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС			+			+	+	+	+

5	Статическая устойчивость ЭЭС								
5.1	Статическая устойчивость ЭЭС. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости ЭЭС	+		+	+				
6	Определение условий статической устойчивости ЭЭС								
6.1	Определение условий статической устойчивости ЭЭС		+			+	+	+	+
7	Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора								
7.1	Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора		+	+	+	+	+	+	+
8	Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки								
8.1	Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Устойчивость узла нагрузки		+	+	+	+	+	+	+
9	Практические критерии устойчивости								
9.1	Практические критерии устойчивости		+			+	+	+	+
10	Асинхронный ход в ЭЭС								
10.1	Асинхронный ход в ЭЭС. Ресинхронизация			+	+				
11	Технические способы и средства улучшения условий устойчивости								
11.1	Технические способы и средства улучшения условий устойчивости			+	+				
Вес КМ, %:		10	10	5	10	20	10	10	25