

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети, их режимы, устойчивость, надежность и качество электрической энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**АЛГОРИТМЫ РАСЧЁТОВ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ И**  
**ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЭС**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.02.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>2 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2021**

**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	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение способов и подходов решения задач установившегося режима и переходных процессов ЭЭС на ЭВМ

### Задачи дисциплины

- изучение этапов решения технических задач на ЭВМ;
- освоение способов построения математического описания ЭЭС для оптимизации установившихся режимов;
- изучении алгоритмов решения оптимизационных задач для ЭЭС большой размерности;
- освоение алгоритмов и подходов учёта ограничений по апериодической статической устойчивости при оптимизации установившегося режима ЭЭС;
- освоение алгоритма решения задачи оценивания состояния ЭЭС и его модификации;
- изучение алгоритмов решения задачи ввода установившегося режима в допустимую область;
- приобретение навыков составления математического описания ЭЭС и алгоритмов решения задач анализа статической устойчивости ЭЭС большой размерности алгебраическими и частотными методами;
- изучение алгоритма расчёта электромеханических переходных процессов;
- изучение способа устранения эффекта жёсткости системы дифференциальных уравнений на основе интеграла Дюамеля;
- освоение способов повышения вычислительной эффективности алгоритмов расчёта установившихся режимов и переходных процессов в ЭЭС.

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 научно-исследовательской деятельности в сфере электроэнергетики	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает современные методы и средства исследования и управления режимами электроэнергетических систем и сетей	знать: - алгоритмы расчёта электромеханических переходных процессов и способы повышения вычислительной эффективности алгоритмов расчёта переходных процессов в ЭЭС большой размерности.  уметь: - составлять математическое описание и алгоритмы для анализа условий устойчивости ЭЭС большой размерности.
ПК-2 Способен участвовать в реализации технологических процессов объектов профессиональной деятельности	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями	знать: - алгоритм решения задачи оценивания состояния ЭЭС и алгоритмы решения задач ввода установившегося режима ЭЭС в допустимую область; - способы моделирования ЭЭС для анализа статической и динамической устойчивости ЭЭС большой размерности; - алгоритмы решения оптимизационных задач для ЭЭС большой размерности на ЭВМ с учётом ограничений по

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		статической апериодической устойчивости ЭЭС.  уметь: - формулировать техническую и математическую постановку задачи расчёта установившихся режимов и переходных процессов ЭЭС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетические системы и сети, их режимы, устойчивость, надежность и качество электрической энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать дисциплины "Применение прикладного программного обеспечения" и "Методы математической оптимизации"
- уметь применять навыки работы на ЭВМ при решении задач электроэнергетики

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 3 зачетных единицы, 108 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	Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы:Алгоритмы расчёта установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетической системе: курс лекций: учебное пособие / В.А. Строев, Ю.В. Шаров, О.Н. Кузнецов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 84 с. ISBN 5-903072-54-2. (стр. 3-7)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 3-7</p>
1.1	Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Оптимизация установившегося режима ЭЭС	27		2	16	3	-	-	-	-	-	6	-	
2.1	Оптимизация установившегося режима ЭЭС	27	2	2	16	3	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение литературы:Алгоритмы расчёта установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетической системе: курс лекций: учебное пособие / В.А. Строев, Ю.В. Шаров, О.Н. Кузнецов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 84 с. ISBN 5-903072-54-2. (стр. 7-22)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 7-22 [5], стр. 5-29 [6], стр. 45-67</p>
3	Оценивание состояния ЭЭС	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	

3.1	Оценивание состояния ЭЭС	9	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	литературы: Алгоритмы расчёта установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетической системе: курс лекций: учебное пособие / В.А. Строев, Ю.В. Шаров, О.Н. Кузнецов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 84 с. ISBN 5-903072-54-2. (стр. 22-28) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 22-28
4	Ввод режима ЭЭС в допустимую область	11	2	-	3	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Ввод режима ЭЭС в допустимую область" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 28-43 [7], стр. 70-75
4.1	Ввод режима ЭЭС в допустимую область	11	2	-	3	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 23-112 [4], стр. 43-52
5	Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов	11	2	-	3	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Статическая устойчивость ЭЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 45-97 [4], стр. 53-62 [7], стр. 184-227
5.1	Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов	11	2	-	3	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Статическая устойчивость ЭЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 45-97 [4], стр. 53-62 [7], стр. 184-227
6	Статическая устойчивость ЭЭС	12	2	-	3	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Статическая устойчивость ЭЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 45-97 [4], стр. 53-62 [7], стр. 184-227
6.1	Статическая устойчивость ЭЭС	12	2	-	3	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение
7	Расчёт электромеханических	14	4	-	3	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение

	переходных процессов в случае системы дифференциальных уравнений имеющей высокую жёсткость												дополнительного материала по разделу "Расчёт электромеханических переходных процессов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 124-152 [4], стр. 62-85
7.1	Расчёт электромеханических переходных процессов в случае системы дифференциальных уравнений имеющей высокую жёсткость	14	4	-	3	-	-	-	-	-	7	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>42</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>		

**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. Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления

#### 1.1. Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления

Этапы решения технических задач на ЭВМ. Задачи курса. Классификация установившихся режимов ЭЭС, задачи управления режимами разных классов. Свойства ЭЭС как объекта управления. Территориальная и временная иерархия задач управления режимами ЭЭС..

### 2. Оптимизация установившегося режима ЭЭС

#### 2.1. Оптимизация установившегося режима ЭЭС

Критерий оптимальности установившегося режима. Общая формулировка задачи оптимизации режима ЭЭС как задачи математического программирования. Декомпозиция вектора параметров режима на независимые, зависимые и заданные параметры. Формулировка задачи оптимизации установившихся режимов ЭЭС в пространстве независимых и зависимых параметров. Задача на безусловный экстремум, её решение методом Ньютона и методом скорейшего спуска. Решение задачи на условный экстремум. Функция Лагранжа, метод множителей Лагранжа. Рациональная организация вычислений при расчете вектора – градиента целевой функции по независимым переменным. Учет ограничений в виде неравенств с помощью штрафных функций. Способы улучшения сходимости итерационного процесса: путем последовательного увеличения коэффициентов штрафа и путем сдвига допустимых пределов. Учет ограничений в виде неравенств на независимые переменные методом приведенного градиента. Подход к учету ограничений в виде неравенств на зависимые переменные. Учет ограничений по апериодической статической устойчивости при расчете и оптимизации установившихся режимов ЭЭС. Выбор пути утяжеления, поисковый и беспоисковый алгоритмы определения предельного режима на заданном пути утяжеления. Беспоисковый алгоритм определения кратчайшего расстояния от исходного режима до предельного по условию апериодической статической устойчивости. Декомпозиция общей задачи оптимизации установившегося режима ЭЭС: 1) оптимизация по активной мощности; 2) оптимизация по напряжению и реактивной мощности..

### 3. Оценивание состояния ЭЭС

#### 3.1. Оценивание состояния ЭЭС

Техническая постановка задачи оценки состояния ЭЭС (установившегося режима) по данным телеизмерения, ее отличие от задачи расчета потокораспределения. Математическая формулировка этой задачи как задачи минимизации взвешенной суммы квадратов невязок. Учет псевдоизмерений и априорной информации – метод обобщенной нормальной оценки. Решение задачи оценки состояния градиентным методом и методом Ньютона (пренебрежение слагаемым с матрицей вторых производных, блочная диагонализация матрицы Якоби). Отсеивание ложных измерений..

### 4. Ввод режима ЭЭС в допустимую область

#### 4.1. Ввод режима ЭЭС в допустимую область

Задача ввода установившегося режима ЭЭС в допустимую область. Математическая постановка задачи устранения перегрузок по току ЛЭП. Линеаризация уравнений баланса мощности в узлах и уравнений токов перегруженных линий. Исключение внутренних переменных с помощью прямого хода метода Гаусса. Аппарат псевдообратных матриц его применение для решения задачи устранения перегрузок по току ЛЭП. Применение аппарата



псевдообратных матриц для решения задачи устранения перегрузок по току ЛЭП. Решение этой задачи путем изменения  $U$  и  $\varphi$  генераторных узлов. Техническая постановка задачи ввода режима ЭЭС в допустимую область по напряжениям узлов и возможные пути ее решения: 1) регулирование реактивной мощности генераторов; 2) подключение шунтирующих реакторов; отключение слабо загруженных ЛЭП. Математическая формулировка первой задачи и алгоритм ее решения. Решение задачи ввода режима ЭЭС в допустимую область по напряжениям узлов путем подключения реакторов с использованием принципа суперпозиции. Ввод режима ЭЭС в допустимую область по напряжениям узлов путем отключения слабо загруженных ЛЭП СВ и : 1) техническая постановка задачи; 2) выбора метода решения на основе принципа суперпозиции. Отключение ветви, содержащей только продольную проводимость, алгоритм быстрого расчета. Моделирование отключения ЛЭП, представленной П-образной схемой замещения. Учет нелинейности узловых токов при моделировании отключения ЛЭП..

## 5. Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов

### 5.1. Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов

Структура математического описания ЭЭС для анализа электромеханических переходных процессов и устойчивости, уравнения связи систем координат. Матрица преобразования систем координат, ее свойства. Матричная мнимая единица, оператор поворота  $e^{j\varphi}$ . Инвариантность выражений мощности. Уравнения переходных процессов в синхронном генераторе в форме Коши. АРВ сильного действия: функции, законы регулирования, параметры. Приведение дифференциальных уравнений элементов АРВ к уравнениям в форме Коши. Уравнения балансов мощности в генераторных и нагрузочных узлах. Общая модель ЭЭС для анализа электромеханических переходных процессов и ее свойства: 1) наличие нелинейного алгебраического блока; 2) высокая размерность подсистемы дифференциальных уравнений; 3) жесткость этой подсистемы..

## 6. Статическая устойчивость ЭЭС

### 6.1. Статическая устойчивость ЭЭС

Общие задачи исследования статической устойчивости ЭЭС и методы их решения. Уравнения электромеханических переходных процессов в ЭЭС в малых отклонениях при записи дифференциальных уравнений в форме Коши. Приведение линеаризованных уравнений переходных процессов в ЭЭС к виду, позволяющему использовать известные алгоритмы и программы решения полной проблемы собственных значений. Исключение алгоритмическим путём подсистем уравнений балансов мощности в узлах сети. Особенности построения математического описания ЭЭС при анализе статической устойчивости частотными методами. Алгоритмы расчета годографа Михайлова и границ Д-разбиения для сложных ЭЭС..

## 7. Расчёт электромеханических переходных процессов в случае системы дифференциальных уравнений имеющей высокую жёсткость

### 7.1. Расчёт электромеханических переходных процессов в случае системы дифференциальных уравнений имеющей высокую жёсткость

Расчеты электромеханических переходных процессов и динамической устойчивости ЭЭС. Задачи расчетов, основные допущения. Общая математическая модель ЭЭС, особенности ее динамической и статической подсистем. Классификация методов численности интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод трапеций. Алгоритм расчета электромеханических переходных процессов в системе

«Станция – шины бесконечной мощности» методом трапеций: этап 1 – сведение исходной системы к системе нелинейных уравнений на шаге интегрирования, этап 2 – алгоритм решения системы нелинейных уравнений на шаге интегрирования методом Ньютона. Исключение внутренних переменных генератора, целесообразность этого подхода для расчета сложных систем. Определение реакции линейного динамического звена на входной сигнал произвольной формы при его ступенчатой аппроксимации. Рекуррентные формулы для расчета реакции апериодического и дифференцирующих звеньев. Необходимость более точной аппроксимации входного сигнала для возможности увеличения шага интегрирования при сохранении заданной точности расчетов. Кусочно-линейная аппроксимация входного сигнала линейного динамического звена: общее выражение для расчета сигнала на входе звена, рекуррентная формула для расчета реакции апериодического звена. Рекуррентная формула для расчета реакции дифференцирующего звена при кусочнолинейной аппроксимации входного сигнала. Расчет реакции двух последовательно соединенных дифференцирующих звеньев. Приведение этой схемы к параллельному соединению звеньев. Расчет реакции для преобразованной схемы. Анализ методической погрешности для преобразованных вариантов, предельный случай. Расчет реакции двух последовательно соединенных и сведенных к параллельному соединению звеньев для случая  $T_1=T_2$ . Приведение звеньев первого порядка от последовательного соединения к параллельному. Преобразование структурной схемы АРВ к виду, удобному для расчетов динамической устойчивости..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Решение задач оптимизации режима ЭЭС;
2. Оценивание состояния ЭЭС;
3. Ввод режима ЭЭС в допустимую область;
4. Моделирование ЭЭС для расчёта ЭМПП;
5. Статическая устойчивость ЭЭС;
6. Расчёт ЭМПП при наличии жёсткой системы дифференциальных уравнений.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Использование симплексного метода для решения задач электроэнергетики;
2. Оптимизация структуры распределительных сетей;
3. Использование накопителей энергии для улучшения работы ЭЭС.

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптимизация установившегося режима ЭЭС"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оценивание состояния ЭЭС"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ввод режима ЭЭС в допустимую область"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Статическая устойчивость ЭЭС"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчёт электромеханических переходных процессов"

### **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		
<b>Знать:</b>										
алгоритмы расчёта электромеханических переходных процессов и способы повышения вычислительной эффективности алгоритмов расчёта переходных процессов в ЭЭС большой размерности	ИД-1ПК-1								+	Тестирование/Моделирование и расчёт электромеханических переходных процессов и устойчивости ЭЭС
алгоритмы решения оптимизационных задач для ЭЭС большой размерности на ЭВМ с учётом ограничений по статической апериодической устойчивости ЭЭС	ИД-3ПК-2	+	+							Лабораторная работа/Защита лабораторных работ Тестирование/Оптимизация режима ЭЭС с учётом ограничений
способы моделирования ЭЭС для анализа статической и динамической устойчивости ЭЭС большой размерности	ИД-3ПК-2					+			+	Тестирование/Моделирование и расчёт электромеханических переходных процессов и устойчивости ЭЭС
алгоритм решения задачи оценивания состояния ЭЭС и алгоритмы решения задач ввода установившегося режима ЭЭС в допустимую область	ИД-3ПК-2			+	+					Тестирование/Оценивание состояния и ввод режима в допустимую область
<b>Уметь:</b>										
составлять математическое описание и алгоритмы для анализа условий устойчивости ЭЭС большой размерности	ИД-1ПК-1					+	+	+		Контрольная работа/Анализ условий устойчивости ЭЭС большой размерности
формулировать техническую и математическую постановку задачи расчёта установившихся режимов и переходных процессов ЭЭС	ИД-3ПК-2	+		+	+	+	+			Контрольная работа/Постановка задачи расчёта установившегося режима и 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**

###### **2 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Моделирование и расчёт электромеханических переходных процессов и устойчивости ЭЭС (Тестирование)
2. Оптимизация режима ЭЭС с учётом ограничений (Тестирование)
3. Оценивание состояния и ввод режима в допустимую область (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ условий устойчивости ЭЭС большой размерности (Контрольная работа)
2. Постановка задачи расчёта установившегося режима и устойчивости ЭЭС (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №2)*

Итоговая оценка по курсу выставляется по результатам промежуточной аттестации с учётом семестровой составляющей в БАРС

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. В. А. Веников, Л. А. Жуков, Г. Е. Поспелов- "Режимы работы электрических систем и сетей", Издательство: "Высшая школа", Москва, 1975 - (343 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447957>;
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. Самарский, А. А. Численные методы : Учебное пособие для вузов по специальности "Прикладная математика" / А. А. Самарский, А. В. Гулин . – М. : Наука, 1989 . – 432 с. - ISBN 5-02-013996-3 .;
4. Строев, В. А. Алгоритмы расчета установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетической системе. Курс лекций : учебное пособие по курсу "Алгоритмы расчета установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетической системе" по направлению "Электроэнергетика" / В. А. Строев, Ю. В. Шаров, О. Н. Кузнецов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 84 с. - ISBN 5-903072-54-2 .;

5. Строев, В. А. Методы математической оптимизации в задачах систем электроснабжения : Учебное пособие по курсу "Математические задачи электроэнергетики" / В. А. Строев, И. С. Рокотян ; Ред. В. Г. Жуковская ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1993 . – 70 с. : 4.00 .;
6. Электрические системы: В 7 т. Т.4. Электрические расчеты, программирование и оптимизация режимов : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. И. Горушкин, и др. ; Ред. В. А. Веников . – М. : Высшая школа, 1973 . – 320 с.;
7. Электрические системы: Математические задачи электроэнергетики : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / Ред. В. А. Веников . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1981 . – 288 с..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

### 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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-2/10, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, телевизор, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-2/10, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, телевизор, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-2/19, Учебная лаборатория "Вычислительный центр"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, телевизор
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-2/10, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, телевизор, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	Д-2/12(1), Кабинет сотрудников каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, колонки звуковые, многофункциональный центр, компьютер

		персональный, принтер, документы, журналы, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала
Помещения для консультирования	Д-2/12(2), Кабинет сотрудников каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, стол для совещаний, принтер, кондиционер, журналы, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Алгоритмы расчётов установившихся режимов и переходных процессов ЭЭС

(название дисциплины)

### 2 семестр

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

- КМ-1 Оптимизация режима ЭЭС с учётом ограничений (Тестирование)
- КМ-2 Оценивание состояния и ввод режима в допустимую область (Тестирование)
- КМ-3 Моделирование и расчёт электромеханических переходных процессов и устойчивости ЭЭС (Тестирование)
- КМ-5 Постановка задачи расчёта установившегося режима и устойчивости ЭЭС (Контрольная работа)
- КМ-6 Анализ условий устойчивости ЭЭС большой размерности (Контрольная работа)
- КМ-7 Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	5	15	6	14	15
1	Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления							
1.1	Этапы решения технических задач на ЭВМ. Свойства ЭЭС как объекта управления		+			+		+
2	Оптимизация установившегося режима ЭЭС							
2.1	Оптимизация установившегося режима ЭЭС		+					+
3	Оценивание состояния ЭЭС							
3.1	Оценивание состояния ЭЭС			+		+		
4	Ввод режима ЭЭС в допустимую область							
4.1	Ввод режима ЭЭС в допустимую область			+		+		
5	Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов							
5.1	Моделирование ЭЭС для расчёта электромеханических переходных процессов				+	+	+	
6	Статическая устойчивость ЭЭС							
6.1	Статическая устойчивость ЭЭС					+	+	



7	Расчёт электромеханических переходных процессов в случае системы дифференциальных уравнений имеющей высокую жёсткость						
7.1	Расчёт электромеханических переходных процессов в случае системы дифференциальных уравнений имеющей высокую жёсткость			+		+	
Вес КМ, %:		10	10	10	20	20	30