

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Алгоритмы расчётов режимов систем электроснабжения**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шульженко С.В.
	Идентификатор	Rdc34181f-ShulzhenkoSV-c0af1cc4

(подпись)

С.В.  
Шульженко  
(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы  
(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

О.Н.  
Кузнецов  
(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры  
(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905b1

(подпись)

Ю.В. Шаров  
(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в сфере электроэнергетики

ИД-1 Знает современные методы и средства исследования и управления режимами электроэнергетических систем и сетей

2. ПК-2 Способен участвовать в реализации технологических процессов объектов профессиональной деятельности

ИД-3 Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Два принципа линеаризации, которые применяются в оценивании состояния ЭЭС (Контрольная работа)

2. Кодирование информации в АСУ (Контрольная работа)

3. Методы, которые применяются при решении задачи оценивания состояния ЭЭС (Контрольная работа)

4. Накопители электроэнергии: математические модели, области применения, ограничения, которые накладываются на их использование (Контрольная работа)

5. Оптимальная расстановка батарей статических конденсаторов (БСК) в различных вариантах распределительной электрической сети (Контрольная работа)

6. Характеристики турбогенератора (Контрольная работа)

7. Целевые функции, критерии оптимальности, ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной, реактивной мощностям и в комплексной оптимизации (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	2	4	6	8	10	12	14
Автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ).								
Назначение автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ), их основные функции.	+							

Информация в АСУ.							
Классификация информации в АСУ. Измерение информации.	+						
Оптимизация установившихся режимов ЭЭС.							
Постановка задачи оптимизации установившихся режимов ЭЭС. Критерии оптимальности. Ограничения, накладываемые на физические параметры и условия работы основного энергетического оборудования.		+	+				
Оптимальное распределение активной и реактивной нагрузки между источниками.							
Оптимальное распределение активной и реактивной нагрузки между источниками.			+				
Оценивание состояния ЭЭС.							
Введение в оценивание состояния ЭЭС. Погрешности оценивания состояния ЭЭС. Применяемые методы.				+	+		
Экономически целесообразная компенсация реактивной мощности в распределительных сетях							
Понятие об экономически целесообразной компенсации реактивной мощности в распределительных сетях.						+	
Применение накопителей электроэнергии в электрических сетях							
Типы накопителей электроэнергии. Схемы и математические модели элементов энергосистем с использованием индуктивных, батарейных и конденсаторных накопителей электроэнергии.							+
Вес КМ:	10	10	16	16	16	16	16

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1ПК-1 Знает современные методы и средства исследования и управления режимами электроэнергетических систем и сетей	Уметь: Использовать в практической деятельности новые знания и умения, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий. Использовать технические средства для определения основных параметров электроэнергетических объектов и систем и происходящих в них процессов. Применять методы и алгоритмы, изученные в данной дисциплине, для поиска наилучших решений при оптимизации режимов и оценивании	Кодирование информации в АСУ (Контрольная работа) Характеристики турбогенератора (Контрольная работа) Целевые функции, критерии оптимальности, ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной, реактивной мощностям и в комплексной оптимизации (Контрольная работа) Методы, которые применяются при решении задачи оценивания состояния ЭЭС (Контрольная работа) Два принципа линеаризации, которые применяются в оценивании состояния ЭЭС (Контрольная работа) Накопители электроэнергии: математические модели, области применения, ограничения, которые накладываются на их использование (Контрольная работа)

		<p>состояния СЭС.  Планировать и ставить задачи для установления оптимальных режимов СЭС.  Применять методы и средства автоматизированных систем управления режимами СЭС.</p>	
ПК-2	ИД-3ПК-2 Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями	<p>Знать:  Современные методы расчетов установившихся режимов ЭЭС, методы поиска оптимальных решений в задачах электроэнергетики.  Уметь:  Осуществлять поиск оптимального расположения компенсирующих устройств в распределительной электрической сети.</p>	<p>Целевые функции, критерии оптимальности, ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной, реактивной мощностям и в комплексной оптимизации (Контрольная работа)  Оптимальная расстановка батарей статических конденсаторов (БСК) в различных вариантах распределительной электрической сети (Контрольная работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Кодирование информации в АСУ

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ на заданный вопрос.

**Краткое содержание задания:**

Кодирование информации в АСУ.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Применять методы и средства автоматизированных систем управления режимами СЭС.	1.Привести примеры на применение кода Шеннона. 2.Привести примеры на применение кода Хэмминга.
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ на вопрос.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на вопрос содержит небольшие ошибки.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Неполный ответ на вопрос, но суть вопроса понятна.*

### КМ-2. Характеристики турбогенератора

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ в письменной форме.

**Краткое содержание задания:**

Характеристики турбогенератора.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Планировать и ставить задачи для установления оптимальных режимов СЭС.	1.Представить все характеристики турбогенератора в виде единого графика с указанием точки <i>Ропт</i> . 2.Записать условия для определения точки <i>Ропт</i> .
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ на вопрос.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Имеются небольшие ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Имеются ошибки в выполнении графиков характеристик, но точка Ропт определена правильно.

**КМ-3. Целевые функции, критерии оптимальности, ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной, реактивной мощностям и в комплексной оптимизации**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ представляется в письменной форме.

**Краткое содержание задания:**

Целевые функции, критерии оптимальности, ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной, реактивной мощностям и в комплексной оптимизации.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: Современные методы расчетов установившихся режимов ЭЭС, методы поиска оптимальных решений в задачах электроэнергетики.</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Целевые функции, которые применяются при комплексной оптимизации режима ЭЭС.</li><li>2.Целевые функции, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной мощности.</li><li>3.Целевые функции, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по реактивной мощности.</li><li>4.Какие критерии оптимальности Вы знаете?</li><li>5.Привести допущения, при выполнении которых критерии оптимальности действуют.</li><li>6.Ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по активной, реактивной мощностям и в комплексной оптимизации.</li><li>7.Ограничения, которые применяются при оптимизации режима ЭЭС по реактивной мощности.</li><li>8.Ограничения, которые применяются при комплексной оптимизации режима ЭЭС.</li></ol>
<p>Уметь: Использовать в практической деятельности новые знания и умения, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий.</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Написать сначала целевые функции, критерии оптимальности и ограничения для <math>P</math>, затем для <math>Q</math>, а потом для комплексной оптимизации.</li></ol>



**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ содержит небольшие ошибки или неточности.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Неполный ответ, но во общем суть ответа понятна.*

**КМ-4. Методы, которые применяются при решении задачи оценивания состояния ЭЭС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ в письменной форме.

**Краткое содержание задания:**

Методы, которые применяются при решении задачи оценивания состояния ЭЭС.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Применять методы и алгоритмы, изученные в данной дисциплине, для поиска наилучших решений при оптимизации режимов и оценивании состояния СЭС.	1. Написать все методы, основой которых служит метод наименьших квадратов. Основные формулы. 2. Написать все методы нелинейного программирования, которые применяются для линейаризации целевой функции. Основные формулы.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ содержит небольшие ошибки или все методы не разделены на 3 группы.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Неполный ответ, но суть вопроса понятна.*

**КМ-5. Два принципа линейаризации, которые применяются в оценивании состояния ЭЭС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ представляется в письменной форме.

**Краткое содержание задания:**

Два принципа линеаризации, которые применяются в оценивании состояния ЭЭС.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Применять методы и алгоритмы, изученные в данной дисциплине, для поиска наилучших решений при оптимизации режимов и оценивании состояния СЭС.	1. Представить эти два принципа линеаризации в математическом виде.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ содержит небольшие ошибки.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Неполный ответ, но суть вопроса понятна.*

**КМ-6. Оптимальная расстановка батарей статических конденсаторов (БСК) в различных вариантах распределительной электрической сети**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ представляется в письменной форме.

**Краткое содержание задания:**

Оптимальная расстановка батарей статических конденсаторов (БСК) в различных вариантах распределительной электрической сети.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Осуществлять поиск оптимального расположения компенсирующих устройств в распределительной электрической сети.	1. Представить вариант расстановки БСК в магистральной распределительной сети в математическом виде. 2. Представить вариант расстановки БСК в радиальной распределительной сети в математическом виде. 3. Представить вариант расстановки БСК в радиальной-магистральной распределительной сети в математическом виде.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*  
*Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*  
*Описание характеристики выполнения знания: Ответ содержит небольшие ошибки или описки.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*  
*Описание характеристики выполнения знания: Неполный ответ на вопрос, но суть вопроса понятна.*

**КМ-7. Накопители электроэнергии: математические модели, области применения, ограничения, которые накладываются на их использование**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответ представляется в письменной форме.

**Краткое содержание задания:**

Накопители электроэнергии: математические модели, области применения, ограничения, которые накладываются на их использование.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Использовать технические средства для определения основных параметров электроэнергетических объектов и систем и происходящих в них процессов.	1. Представить описание индуктивного накопителя электроэнергии в математическом виде. 2. Представить описание батарейного накопителя электроэнергии в математическом виде. 3. Представить описание конденсаторного накопителя электроэнергии в математическом виде. 4. Написать, какие ограничения установлены для углов управления и зажигания.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*  
*Описание характеристики выполнения знания: Полный ответ.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*  
*Описание характеристики выполнения знания: Ответ содержит небольшие ошибки или описки.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*  
*Описание характеристики выполнения знания: Неполный ответ, но суть вопроса понятна.*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Что такое АСДУ энергосистем? Основные составляющие АСДУ.
2. Метод Ньютона для оценивания состояния ЭЭС с блочной диагонализацией.

### Процедура проведения

Зачет проводится в письменной форме, по билету, ответы на который защищаются при собеседовании с преподавателем. Время подготовки ответа на вопрос 45 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Знает современные методы и средства исследования и управления режимами электроэнергетических систем и сетей

### Вопросы, задания

- 1.Преимущества в создании ЕЭС России.
- 2.Задачи (функции) управления ЭЭС.
- 3.Понятие информации в АСУ. Измерение информации.
- 4.Кодирование сообщений. Код Шеннона.
- 5.Повышение помехоустойчивости передаваемой информации. Коды Хэмминга.
- 6.Каналы связи.
- 7.Передача дискретной информации. Модуляция сигнала.
- 8.Понятие оптимизации режимов ЭЭС. Характеристики агрегатов и электростанций.
- 9.Расходные характеристики, характеристики удельного и относительного прироста расхода топлива ТЭС. Определение Ропт.
- 10.Графический способ оптимального распределения нагрузки между агрегатами ТЭС.
- 11.Оптимальное распределение активных мощностей в ЭЭС, содержащих ГЭС. Ограничения.
- 12.Комплексная оптимизация режима ЭЭС по P и Q.
- 13.Допущения, с помощью которых комплексная оптимизация приводится к отдельной оптимизации.
- 14.Целевые функции, ограничения и критерии окончания итерационного процесса в методах расчета установившегося режима и оптимизации режима ЭЭС.
- 15.Введение в оценивание состояния ЭЭС. Погрешности при оценивании состояния ЭЭС.
- 16.Методы построения целевой функции для оценивания состояния ЭЭС.
- 17.Алгоритм метода обобщенной нормальной оценки.
- 18.Понятие наблюдаемости ЭЭС. Определение наблюдаемости ЭЭС по данным измерений.
- 19.Метод сопряженных градиентов для оценивания состояния ЭЭС.
- 20.Метод Ньютона для оценивания состояния ЭЭС.
- 21.Метод Ньютона для оценивания состояния ЭЭС с блочной диагонализацией.
- 22.Два принципа линеаризации в оценивании состояния ЭЭС.
- 23.Метод максимального правдоподобия в оценивании состояния ЭЭС.

- 24.Динамическое оценивание состояния ЭЭС.
- 25.Погрешности задания исходных данных по ЛЭП и трансформаторам.
- 26.Накопители энергии. Типы. Сопоставление.
- 27.Математическая модель и схема замещения индуктивного накопителя электроэнергии.
- 28.Математическая модель и схема замещения батарейного накопителя электроэнергии.
- 29.Особенности режимов работы накопителей электроэнергии в составе ЭЭС.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Зависят ли погрешности задания исходных данных по ЛЭП и трансформаторам от температуры воздуха, который окружает это оборудование?

Ответы:

1. 1. Да
2. 2. Нет

Верный ответ: 1

2.Почему не используется 2-й принцип линеаризации нелинейных уравнений в оценивании состояния ЭЭС?

Ответы:

1. 1. Трудно представить в виде полинома 1-й степени зависимость параметров режима от модуля и фазы напряжения.
2. 2. При наличии ошибок в измерениях параметров режима ЭЭС дает неточное решение.
3. 3. Сложнее в реализации.

Верный ответ: 2

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-2</sub> Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями

### Вопросы, задания

- 1.Распределение нагрузки между ТЭС без учета потерь активной мощности.
- 2.Расчет потерь активной мощности в сетях.
- 3.Удельные приросты потерь активной мощности в сетях.
- 4.Алгоритм оптимального распределения активной нагрузки между ТЭС с учетом потерь активной мощности в сетях.
- 5.Алгоритм оптимального распределения активной нагрузки между ТЭС и ГЭС.
- 6.Алгоритм оптимизации режима ЭЭС по методу последовательного нагружения ТЭС.
- 7.Оптимизация режима ЭЭС по реактивной мощности. Допущения, ограничения.
- 8.Источники реактивной мощности, их характеристики.
- 9.Понятие об экономически целесообразной компенсации реактивной мощности в распределительных сетях.
- 10.Выбор мощности компенсирующих устройств в магистральных распределительных сетях.
- 11.Выбор мощности компенсирующих устройств в радиальных распределительных сетях.
- 12.Выбор мощности компенсирующих устройств в радиально-магистральных распределительных сетях.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Что является общим при выборе компенсирующих устройств в распределительных сетях?

Ответы:

1. Напряжение на шинах НН подстанций.
2. Баланс реактивной мощности в сети.
3. Понятие оптимальности при выборе компенсирующих устройств.
4. Вывод формул.

Верный ответ: 2,3

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на вопрос выполнен полностью.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на вопрос содержит небольшие ошибки.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на вопрос содержит значительные ошибки, но в общем суть вопроса изложена правильно.*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основании семестровой и зачетной составляющих.