

**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  
Управление режимами ЭЭС**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	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)

## 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-2 Умеет критически анализировать характеристики режимов современных электроэнергетических систем и сетей и возможности методов и средств их исследования

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: Компьютерное задание

1. Свойства ЭЭС как объекта управления (Тестирование)
2. Способы и средства обеспечения устойчивости (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Критерий Михайлова (Контрольная работа)
2. Оптимальное управление переходным режимом ЭЭС (Контрольная работа)
3. Расчёт максимально и аварийно допустимых перетоков мощности ЭЭС (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	13	13	14	15
Нормативная документация						
Нормативная документация в области управления режимами энергосистем и устойчивости. Нормативные требования по применению противоаварийной автоматики (ПА)	+					
Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС						
Условия статической устойчивости автоматически регулируемой ЭЭС	+	+		+		

Синтез структуры АРВ сильного действия					
Синтез структуры АРВ сильного действия				+	
Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов					
Системы возбуждения синхронных машин и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов		+			
Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов					
Настройка регуляторов возбуждения синхронных генераторов			+	+	
Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС					
Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС			+		+
Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях					
Управление режимами ЭЭС при больших возмущениях. Асинхронный ход и ресинхронизация генераторов в ЭЭС		+			+
Вес КМ:	10	10	30	30	20

\$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-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет критически анализировать характеристики режимов современных электроэнергетических систем и сетей и возможности методов и средств их исследования	Знать: свойства ЭЭС как объекта управления Уметь: формировать математическое описание ЭЭС для определения оптимального управления определять характеристики устойчивости ЭЭС	Свойства ЭЭС как объекта управления (Тестирование) Критерий Михайлова (Контрольная работа) Оптимальное управление переходным режимом ЭЭС (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями	Знать: управляющие воздействия на ЭЭС для обеспечения устойчивости и технические способы и средства обеспечения устойчивости ЭЭС Уметь: рассчитывать условия устойчивости регулируемой ЭЭС	Способы и средства обеспечения устойчивости (Тестирование) Расчёт максимально и аварийно допустимых перетоков мощности ЭЭС (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Свойства ЭЭС как объекта управления

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** СДО "Прометей"

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: свойства ЭЭС как объекта управления	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Различие значений параметров режима ЭЭС при медленном изменении режима и при быстром определяется</li><li>2.Статическая характеристика УГ(дельта) зависит от</li><li>3.Изменение передаваемой активной мощности от станции в приёмную систему достигается путём управления</li><li>4.Для обеспечения уровня напряжения в узле сети нужно</li><li>5.В установившихся режимах частота электрического тока в синхронно работающих частях ЭЭС</li><li>6.Для управления возбуждением генератора применяется</li></ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ, на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ, на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ, на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты

### КМ-2. Способы и средства обеспечения устойчивости

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** СДО "Прометей"

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: управляющие воздействия на ЭЭС для обеспечения устойчивости и технические способы и средства обеспечения устойчивости ЭЭС	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как можно улучшить условия динамической устойчивости ЭЭС?</li><li>2. Устройство продольной компенсации предназначено для</li><li>3. Перевод схемы выдачи мощности станции на более высокое номинальное напряжение позволяет</li><li>4. Системный стабилизатор предназначен для</li><li>5. Заземление нейтрали трансформатора через активное сопротивление выполняется для</li><li>6. Электрическое торможение применяется</li></ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ, на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ, на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ, на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты

### **КМ-3. Расчёт максимально и аварийно допустимых перетоков мощности ЭЭС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдача задания на контрольную работу. Написание контрольной работы.

**Краткое содержание задания:**

Задача: для системы, изображённой на рисунке рассчитать величину нерегулярного перетока активной мощности по сечению 1-1' при ручном управлении перетоком.

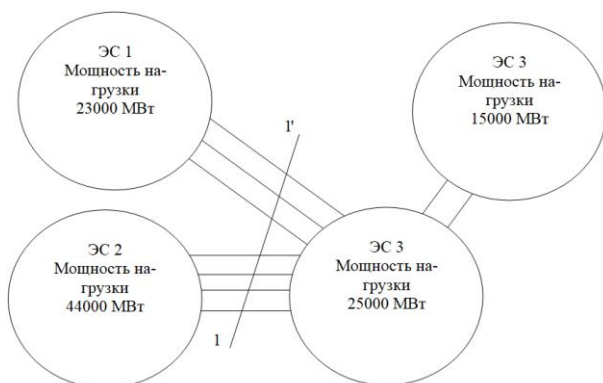


Figure 1 Электроэнергетическая система

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать условия устойчивости регулируемой ЭЭС</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как вычислить значение коэффициента запаса мощности по условию статической устойчивости?</li> <li>2. Как рассчитать величину нерегулярных колебаний перетока мощности?</li> <li>3. Как вычислить величину коэффициента запаса устойчивости активной мощности по условию аperiodической статической устойчивости?</li> </ol>
--	---

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-4. Критерий Михайлова

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выдача задания на контрольную работу. Написание контрольной работы.

### Краткое содержание задания:

Решить задачу

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: определять характеристики устойчивости</p>	<p>1. Сформулируйте условия устойчивости системы в соответствии с критерием Михайлова.</p>
--	--



ЭЭС	<p>2. Каков характер изменения аргумента годографа в случае системы, не содержащих звеньев чистого запаздывания?</p> <p>3. Сформулируйте условия устойчивости по критерию Михайлова в терминах корней вещественной и мнимой части <math>D(j\omega)</math>.</p>
-----	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-5. Оптимальное управление переходным режимом ЭЭС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдача задания на контрольную работу. Написание контрольной работы.

**Краткое содержание задания:**

Решить задачу

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: формировать математическое описание ЭЭС для определения оптимального управления</p>	<p>1. Как составить функцию Гамильтона?</p> <p>2. В чём состоят условия оптимальности принципа максимума Понтрягина?</p> <p>3. Чему равен порядок подсистемы дифференциальных уравнений при поиске оптимального управления с помощью принципа максимума Понтрягина, если порядок системы дифференциальных уравнений, описывающих поведение системы равен <math>n</math>?</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Нормативные требования по устойчивости: коэффициенты запаса устойчивости энергосистем.
2. Математическая модель ЭЭС, системы возбуждения и АРВ синхронного генератора для анализа условий статической устойчивости.
3. Практическое задание.

### Процедура проведения

Выдача экзаменационных заданий. Письменная подготовка ответов. Устный опрос.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Умеет критически анализировать характеристики режимов современных электроэнергетических систем и сетей и возможности методов и средств их исследования

#### **Вопросы, задания**

1. Переходные режимы и процессы, задачи управления различными переходными процессами.
2. Математическая модель ЭЭС, системы возбуждения и АРВ синхронного генератора для анализа условий статической устойчивости.
3. Статические характеристики нерегулируемой ЭЭС.
4. Статические характеристики регулируемой ЭЭС.
5. Условия статической устойчивости нерегулируемой ЭЭС.
6. Условия статической устойчивости ЭЭС с АРВ ПД.
7. Противоречие между статической точностью и статической устойчивостью в ЭЭС с АРВ ПД генератора и пути их устранения.
8. Структурные схемы АРВ СД: назначение и параметры элементов.
9. Сопоставление критериев Гурвица, Рауса и Михайлова.
10. Нормативные требования по устойчивости – основные определения (устойчивость, связи энергосистемы, сечения, перетоки в сечениях).
11. Нормативные требования по устойчивости: коэффициенты запаса устойчивости энергосистем. Требования к условиям статической устойчивости энергосистем.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Изменение передаваемой активной мощности от станции в приёмную систему достигается путём управления:

Ответы:

- а) током возбуждения генераторов станции;
- б) изменением впуска энергоносителя;
- в) изменением значения коэффициента усиления в канале стабилизации;
- г) при увеличении выдачи реактивной мощности.

Верный ответ: б)

2. В установившихся режимах частота электрического тока в синхронно работающих частях ЭЭС:

Ответы:

- а) в разных узлах нагрузки разная;
- б) зависит от значения напряжения в узле сети;
- в) в разных частях одинаковая;
- г) зависит от погодных условий.

Верный ответ: в)

3. Для управления возбуждением генератора применяется:

Ответы:

- а) автомат ограничения скорости вращения;
- б) управляемый выпрямитель;
- в) клапан подачи пара;
- г) регулятор скорости вращения турбины.

Верный ответ: б)

4. Изменение передаваемой реактивной мощности от станции в приёмную систему при неизменной активной мощности достигается путём управления:

Ответы:

- а) током возбуждения генераторов станции;
- б) изменением впуска энергоносителя;
- в) изменением значения коэффициента усиления в канале стабилизации;
- г) при увеличении температуры статорных обмоток генератора.

Верный ответ: а)

5. Для обеспечения неизменности частоты электрического тока:

Ответы:

- а) увеличить скорость вращения ротора генератора;
- б) компенсировать потери активной мощности «на корону»;
- в) обеспечивать баланс активной мощности в системе;
- г) управлять инъекцией реактивной мощности.

Верный ответ: в)

6. Регулирование параметра без отклонения от значения его уставки называется:

Ответы:

- а) регулирование по первой производной;
- б) сильным регулированием;
- в) астатическим;
- г) статическим.

Верный ответ: в)

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

### Вопросы, задания

1. Задачи синтеза структуры системы управления возбуждением генератора.
2. Метод малого параметра и его применение для анализа условий статической устойчивости ЭЭС.
3. Определение необходимого порядка производной режимных параметров для канала стабилизации.
4. Выбор режимного параметра канала стабилизации АРВ СД.
5. Системы возбуждения синхронных машин.
6. Требования к системам автоматического регулирования.
7. Способы настройки регуляторов возбуждения синхронных генераторов.

8. Применение метода D-разбиения для настройки АРВ.
9. Оптимальное управление переходными режимами ЭЭС.
10. Принцип максимума Понтрягина.
11. Математическая модель ЭЭС для решения задачи оптимального управления.
12. Оптимальное управление линейными системами.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Устройство продольной компенсации предназначено для:

Ответы:

- а) компенсации активного сопротивления линии;
- б) компенсации индуктивного сопротивления линии;
- в) компенсации ёмкостной проводимости линии;
- г) компенсации активной проводимости линии.

Верный ответ: б)

2. Системный стабилизатор предназначен для:

Ответы:

- а) реализации ФВ;
- б) обеспечения возможности задавать большие значения коэффициента регулирования основного канала АРВ;
- в) обеспечения возможности задавать большие значения коэффициента регулирования канала стабилизации АРВ по первой производной напряжения;
- г) реализации ОГ.

Верный ответ: б)

3. Электрическое торможение применяется:

Ответы:

- а) для аварийного останова турбоагрегата при нарушении результирующей устойчивости;
- б) увеличения выдаваемой активной мощности генератора после отключения возмущения;
- в) увеличения угла ротора генератора;
- г) снижения впуска энергоносителя в гидравлической турбине.

Верный ответ: б)

4. Применение тиристорных возбуждателей обуславливает:

Ответы:

- а) снижение электромагнитной инерции возбуждателя;
- б) снижение электромагнитной инерции обмотки возбуждения генератора;
- в) снижение электромагнитной инерции линии электропередачи;
- г) снижение электромагнитной инерции усилительного элемента АРВ.

Верный ответ: а)

5. Установка АРВ сильного действия взамен АРВ пропорционального выполняется для:

Ответы:

- а) снижения времени отключения короткого замыкания;
- б) снижения потерь активной мощности при качаниях ротора генератора;
- в) увеличения предела передаваемой мощности по условию колебательной статической устойчивости;
- г) увеличения активной мощности, передаваемой генератором в приёмную систему при симметричном КЗ на выводах повышающего трансформатора.

Верный ответ: в)

6. Канал регулирования АРВ по интегралу отклонения напряжения применяется для:

Ответы:

- а) обеспечения динамической устойчивости;
- б) астатического регулирования напряжения;

- в) обеспечения устойчивости горения факела в котле;
  - г) регулирования напряжения с заданным статизмом.
- Верный ответ: б)

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

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

В соответствии с положением о БАРС