

**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  
Методы моделирования элементов ЭЭС**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Чемборисова Н.Ш.
	Идентификатор	Rf29e1753-ChemborisovaNS-b0c0f2

Н.Ш.  
Чемборисова  
(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

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-0bb905bf

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-3 Умеет формулировать задачу исследования на основе современных методов и имеющихся средств в области 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. Выбор модели трехфазного RL-элемента ВЛ (Контрольная работа)
2. Модели элементов сети в сложной ЭЭС (Контрольная работа)
3. Модель асинхронной машины (Контрольная работа)
4. Модель синхронной машины (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Модели простейшего сетевого элемента ЭЭС					
Модели простейшего сетевого элемента ЭЭС	+				
Преобразование системы уравнений элементов ЭЭС					
Преобразование системы уравнений элементов ЭЭС	+				
Математическая модель синхронной машины и схема замещения					
Математическая модель синхронной машины и схема замещения			+		
Математическая модель асинхронного двигателя					

Математическая модель асинхронного двигателя			+	
Математическое описание ЭЭС для анализа статической устойчивости				
Математическое описание ЭЭС для анализа статической устойчивости				+
Математическое описание ЭЭС для анализа переходных процессов				
Математическое описание ЭЭС для анализа переходных процессов				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-3ПК-1 Умеет формулировать задачу исследования на основе современных методов и имеющихся средств в области электроэнергетических систем и сетей	Знать: современные математические модели отдельных элементов ЭЭС Уметь: применять методы формирования моделей ЭЭС при проектировании электроэнергетических систем	Выбор модели трехфазного RL-элемента ВЛ (Контрольная работа) Модель асинхронной машины (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-3ПК-2 Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями	Знать: способы формирования модели сложной энергосистемы для решения различных задач энергетики Уметь: обосновывать конкретные решения по использованию определенных моделей сложной электроэнергетической системы	Модель синхронной машины (Контрольная работа) Модели элементов сети в сложной ЭЭС (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Выбор модели трехфазного RL-элемента ВЛ

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдаётся задание на выполнение контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы контрольной работы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: современные математические модели отдельных элементов ЭЭС	1.Объяснить принцип выбора моделей элементов электроэнергетических систем
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на заданные на контрольной вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на заданные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на заданные вопросы допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

### КМ-2. Модель синхронной машины

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдаётся задание на выполнение контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы контрольной работы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: способы формирования модели сложной энергосистемы	1.Для чего проводится диагонализация матрицы фазных параметров уравнений потокосцепления
--	--

для решения различных задач энергетики	синхронной машины?
--	--------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на заданные на контрольной вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на заданные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на заданные вопросы допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

**КМ-3. Модель асинхронной машины**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдаётся задание на выполнение контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы контрольной работы

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: применять методы формирования моделей ЭЭС при проектировании электроэнергетических систем	1.Привести уравнения механического движения АД
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на заданные на контрольной вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на заданные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на задан-ные вопросы допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

#### **КМ-4. Модели элементов сети в сложной ЭЭС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдаётся задание на выполнение контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы контрольной работы

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: обосновывать конкретные решения по использованию определенных моделей сложной электроэнергетической системы	1.Продемонстрировать разницу моделирования элементов в простейшей и сложной ЭЭС
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на заданные на контрольной вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на за-данные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на задан-ные вопросы допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

М Э И	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1	Утверждаю Зав. кафедры
	Кафедра ЭЭС	
	Дисциплина Методы моделирования элементов ЭЭС	
	ИЭЭ	
1. Общие требования к математическим моделям элементов электроэнергетических систем. 2. Уравнения Парка-Горева 3. Выбрать опорную машину при расчетах переходных процессов.		

## Процедура проведения

Экзамен в устной форме в виде подготовки и изложения развернутого ответа на заданный вопрос. Время на подготовку ответа – 60 минут

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Умеет формулировать задачу исследования на основе современных методов и имеющихся средств в области электроэнергетических систем и сетей

### Вопросы, задания

1. Принцип выбора моделей элементов электроэнергетических систем
2. Математическая модель трехфазного  $RL$ -элемента
3. Математическая модель воздушной линии: фазные уравнения
4. Основные допущения при формировании модели синхронной машины
5. Модели для исследования переходных процессов в сложной регулируемой ЭЭС

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. При приведении матрицы параметров к диагональной форме матрица преобразования  $T$  должна

Ответы:

- А) иметь обратную матрицу;
- Б) не иметь обратную матрицу;
- В) быть единичной

Верный ответ: а

2. Для выполнения условия инвариантности мощности к преобразованию переменных при расчете переходных режимов требуется, чтобы

Ответы:

- А)  $T^{-1} = T^t$ ,
- Б)  $T^{-1} \neq T^t$ ,
- В)  $T^{-1} < T^t$ .

Верный ответ: а

3. После трех последовательных преобразований с матрицами соответственно  $T_1, T_2, T_3$  полная матрица преобразования имеет вид произведения

Ответы:

- А)  $T_1 T_2 T_3$

Б) ТЗТ2Т1

В) Т2ТЗТ1

Верный ответ: б

4.Верифицировать однолинейную схему сети для расчета установившегося режима можно, используя

Ответы:

А) результаты контрольных замеров в энергосистеме,

Б) результаты расчетов установившихся режимов,

В) результаты расчетов переходных режимов.

Верный ответ: а

5.Дифференциальные уравнения сети при расчете переходных процессов записываются в системе координат

Ответы:

А) DQ0,

Б) фазных ABC,

В) dq одной из синхронных машин, называемой опорной

Верный ответ: в

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

### Вопросы, задания

1.Преобразование статорных величин CM

2.Математическое описание асинхронного двигателя для исследования статической устойчивости

3.Математическое описание электрической сети для исследования статической устойчивости

4.Общая структура математического описания переходных процессов в ЭЭС

5.Математическое описание регулятора возбуждения синхронной машины для исследования статической устойчивости.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Математическая модель трехфазных элементов сети, состоящих индуктивностей и активных сопротивлений, представляется в виде:

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \times \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r & 0 & 0 \\ 0 & r & 0 \\ 0 & 0 & r \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

Ответы:

А) в любых расчетных схемах и режимах;

Б) в симметричных расчетных схемах и режимах;

В) при расчете несимметричных режимов.

Верный ответ: б

2.Матрица собственных векторов

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ d_1 & d_2 & c_3 \\ -(c_1 + d_1) & -(c_2 + d_2) & c_3 \end{bmatrix}.$$

при

$$c_3 = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot e^{j\varphi}$$

имеет вид

$$\mathbf{T} = \hat{\mathbf{V}}_t = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

при

Ответы:

$$\text{А) } \varphi = 120^\circ,$$

$$\text{Б) } \varphi = 90^\circ,$$

$$\text{В) } \varphi = 0^\circ.$$

Верный ответ: в

3. Для выполнения условия инвариантности мощности к преобразованию переменных при расчете установившихся режимов требуется, чтобы

Ответы:

А) матрица преобразования  $\mathbf{T}$  была унитарной,

Б) матрица  $\mathbf{T}^{-1}$  была унитарной,

В) матрицы преобразования  $\mathbf{T}$  и  $\mathbf{T}^{-1}$  были унитарными.

Верный ответ: в

4. Представление диагональных блоков матрицы фазных параметров  $\mathbf{\Pi}$  в виде

$$\mathbf{\Pi}_c = \begin{bmatrix} L_\Phi - M_\Phi & 0 & 0 \\ 0 & L_\Phi - M_\Phi & 0 \\ 0 & 0 & L_\Phi + 2M_\Phi \end{bmatrix}, \quad \mathbf{\Pi}_p = \begin{bmatrix} L_{\Phi p} - M_{\Phi p} & 0 & 0 \\ 0 & L_{\Phi p} - M_{\Phi p} & 0 \\ 0 & 0 & L_{\Phi p} + 2M_{\Phi p} \end{bmatrix}$$

справедливо для

Ответы:

А) синхронного генератора,

Б) асинхронного двигателя,

В) линии электропередачи.

Верный ответ: б

5.Формула

$$b_{ij} = - \frac{x_{ij} \omega_0 / \omega_{\text{НОМ}}}{r_{ij}^2 + (x_{ij} \omega_0 / \omega_{\text{НОМ}})^2}$$

справедлива для

Ответы:

А) активно-индуктивной ветви при расчете установившегося режима,

Б) активно-индуктивной ветви при расчете переходного режима,

В) активно-емкостной ветви при расчете установившегося режима

Верный ответ: а

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

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

Оценка за освоение дисциплины, определяется с учетом оценки на экзамене, и соотношения весовых коэффициентов различных видов текущего контроля. Оценка рассчитывается из условия:  $0,5(\text{среднеарифметическая оценка за контрольные работы} + \text{за работу на практических занятиях}) + 0,5(\text{оценка на экзамене})$