

**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: Моделирование в электроэнергетике и электротехнике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Моделирование высоковольтных электроустановок в электроэнергетике**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Матвеев Д.А.
	Идентификатор	Rcb243d05-MatveevDA-f9ddc1fa

(подпись)

Д.А. Матвеев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Козьмина И.С.
	Идентификатор	Ra036a963-KozminaIS-f85c8f2a

(подпись)

И.С.  
Козьмина

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

В.Н.  
Тульский

(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-2 Способность принимать участие в решении исследовательских задач в рамках реализации научного проекта

ИД-4 Знает информационные технологии, используемые в науке и технике

2. ПК-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике

ИД-3 Знает и применяет на практике современные языки программирования для анализа, моделирования электроустановок в электроэнергетике и машинного обучения

ИД-6 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы высоковольтного электрооборудования

ИД-8 Применяет в профессиональной деятельности современные методы и средства визуализации данных

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчет параметров схем замещения основного электрооборудования распределительных устройств (Домашнее задание)

2. Формирование системы уравнений метода конечных элементов для расчета электрического поля в воздушном изоляционном промежутке (Домашнее задание)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы "Численное моделирование импульсных переходных процессов в обмотках силовых трансформаторов" (Лабораторная работа)

2. Защита лабораторной работы "Численное моделирование многопроводных кабельных линий для расчета потерь в них" (Лабораторная работа)

3. Защита лабораторной работы "Численное моделирование однофазного дугового замыкания в распределительной сети с изолированной нейтралью" (Лабораторная работа)

4. Защита лабораторной работы "Численное моделирование феррорезонансных явлений в схемах с измерительными трансформаторами напряжения" (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	3	4	8	12	16	16
Основы построения компьютерных программ для численного моделирования электромагнитных							

процессов в электрических сетях						
Основы построения компьютерных программ для численного моделирования электромагнитных процессов в электрических сетях	+					
Низкочастотные математические модели трансформаторного оборудования						
Низкочастотные математические модели трансформаторного оборудования		+				
Математическое моделирование высокочастотных процессов в электроустановках						
Математическое моделирование высокочастотных процессов в электроустановках			+			
Широкополосные модели трансформаторного оборудования						
Широкополосные модели трансформаторного оборудования				+		
Математическое моделирование электрической дуги						
Математическое моделирование электрической дуги					+	
Метод конечных элементов и его применение для моделирования электромагнитных полей						
Метод конечных элементов и его применение для моделирования электромагнитных полей						+
Вес КМ:	10	20	20	20	20	10

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

### БРС курсовой работы/проекта

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	8	12	14
Составление схемы замещения распределительного устройства 500 кВ. Расчет параметров широкополосных моделей силового трансформатора, токопровода и коммутационного оборудования		+		
Численное моделирование переходных процессов в обмотках трансформатора при коротких замыканиях в распределительном устройстве			+	
Определение возможности возникновения в трансформаторе высокочастотных резонансных перенапряжений и разработка рекомендаций по снижению вероятности их возникновения, опасных для изоляции трансформатора.				+
Вес КМ:		40	40	20

## 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-2	ИД-4ПК-2 Знает информационные технологии, используемые в науке и технике	Знать: Принципы построения и алгоритмы современных компьютерных программ для численного моделирования электромагнитных переходных процессов Уметь: Составлять схемы замещения основного электрооборудования высоковольтных распределительных устройств и рассчитывать их параметры	Расчет параметров схем замещения основного электрооборудования распределительных устройств (Домашнее задание)
ПК-3	ИД-3ПК-3 Знает и применяет на практике современные языки программирования для анализа, моделирования электроустановок в электроэнергетике и машинного обучения	Знать: Методы численного моделирования электрической дуги Уметь: Составлять расчетные модели электрической дуги для её численного моделирования в	Защита лабораторной работы "Численное моделирование однофазного дугового замыкания в распределительной сети с изолированной нейтралью" (Лабораторная работа)

		программах расчета электромагнитных переходных процессов	
ПК-3	ИД-6ПК-3 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы высоковольтного электрооборудования	<p>Знать:</p> <p>Принципы построения и методы расчета параметров широкополосных моделей трансформаторного оборудования</p> <p>Волновую теорию электромагнитных переходных процессов в воздушных и кабельных линиях электропередачи и метод векторной аппроксимации её частотных характеристик</p> <p>Методы построения и расчета параметров низкочастотных математических моделей трансформаторного оборудования</p> <p>Уметь:</p> <p>Рассчитывать параметры низкочастотных математических моделей трансформаторного оборудования</p> <p>Рассчитывать частотные характеристики многопроводных</p>	<p>Защита лабораторной работы "Численное моделирование феррорезонансных явлений в схемах с измерительными трансформаторами напряжения" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Численное моделирование многопроводных кабельных линий для расчета потерь в них" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Численное моделирование импульсных переходных процессов в обмотках силовых трансформаторов" (Лабораторная работа)</p>

		<p>воздушных и кабельных линий электропередачи и применять метод векторной аппроксимации для их численного моделирования</p> <p>Рассчитывать параметры широкополосных моделей трансформаторного оборудования</p>	
ПК-3	ИД-8 <sub>ПК-3</sub> Применяет в профессиональной деятельности современные методы и средства визуализации данных	<p>Знать:</p> <p>Теорию и этапы программного реализации метода конечных элементов для расчета двух- и трехмерных электромагнитных полей</p> <p>Уметь:</p> <p>Применять метод конечных элементов для расчета двух- и трехмерных электромагнитных полей</p>	<p>Формирование системы уравнений метода конечных элементов для расчета электрического поля в воздушном изоляционном промежутке (Домашнее задание)</p>

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

### КМ-1. Расчет параметров схем замещения основного электрооборудования распределительных устройств

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Домашнее задание выполняется в письменном виде. На его выполнение студенту дается 90 минут.

#### Краткое содержание задания:

Рассчитать параметры схемы замещения и математической модели распределительного устройства 110 кВ для численного моделирования электромагнитных переходных процессов

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Принципы построения и алгоритмы современных компьютерных программ для численного моделирования электромагнитных переходных процессов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Объяснить принципы построения математической модели ограничителя перенапряжений</li><li>2.Объяснить принципы построения математической модели воздушной ошиновки</li><li>3.Объяснить принципы построения математической модели газоизолированного токопровода</li><li>4.Объяснить принципы построения математических моделей измерительных трансформаторов</li><li>5.Объяснить принципы построения математической модели силовых трансформаторов</li></ol>
Уметь: Составлять схемы замещения основного электрооборудования высоковольтных распределительных устройств и рассчитывать их параметры	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Рассчитать параметры математической модели ОПН 110 кВ</li><li>2.Рассчитать параметры математической модели воздушной ошиновки</li><li>3.Рассчитать параметры математической модели газоизолированного токопровода</li><li>4.Рассчитать параметры математической модели измерительного трансформатора</li><li>5.Рассчитать параметры математической модели силового трансформатора</li></ol>

#### 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-2. Защита лабораторной работы "Численное моделирование феррорезонансных явлений в схемах с измерительными трансформаторами напряжения"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы выполняется в смешанной устной и письменной форме. На её выполнение студенту дается 60 минут.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы предусматривает ответы на теоретические вопросы и решение задач.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Методы построения и расчета параметров низкочастотных математических моделей трансформаторного оборудования	1.Объясните каким образом происходит самонастройка феррорезонансного контура на частоту источника воздействующего напряжения 2.Как рассчитать параметры математической модели измерительного трансформатора напряжения? 3.Сформулируйте условия существования устойчивого феррорезонансного процесса 4.При каких условиях возникает субгармонический феррорезонанс? 5.Как учитываются гистерезисные свойства магнитопровода в математической модели измерительного трансформатора?
Уметь: Рассчитывать параметры низкочастотных математических моделей трансформаторного оборудования	1.Рассчитайте активное сопротивление контура, необходимое для подавления устойчивого феррорезонансного процесса в сети с изолированной нейтралью

**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-3. Защита лабораторной работы "Численное моделирование многопроводных кабельных линий для расчета потерь в них"

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы выполняется в смешанной устной и письменной форме. На её выполнение студенту дается 60 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы предусматривает ответы на теоретические вопросы и решение задач.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Волновую теорию электромагнитных переходных процессов в воздушных и кабельных линиях электропередачи и метод векторной аппроксимации её частотных характеристик	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Объясните физический механизм возникновения токов в экранах кабельных линий</li><li>2.Сформулируйте систему уравнений для расчета токов в жилах и экранах многопроводной кабельной линии</li><li>3.Как геометрическое расположение однофазных кабелей влияет на наводки в их экранах?</li><li>4.Как сечение экрана кабеля влияет на джоулевы потери в нем?</li><li>5.Как отличаются конфигурации электромагнитного поля для различных волновых каналов кабельной линии?</li><li>6.Как способ соединения и заземления экранов кабеля влияет на потери в них?</li></ol>
Уметь: Рассчитывать частотные характеристики многопроводных воздушных и кабельных линий электропередачи и применять метод векторной аппроксимации для их численного моделирования	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Оцените ток в экране кабеля 110 кВ однофазного исполнения при коротком замыкании в его конце</li><li>2.Оцените напряжение на разземленном экране кабеля 110 кВ однофазного исполнения при коротком замыкании в его конце</li></ol>

#### **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-4. Защита лабораторной работы "Численное моделирование импульсных переходных процессов в обмотках силовых трансформаторов"

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы выполняется в смешанной устной и письменной форме. На её выполнение студенту дается 60 минут.

### Краткое содержание задания:

Защита лабораторной работы предусматривает ответы на теоретические вопросы и решение задач.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Принципы построения и методы расчета параметров широкополосных моделей трансформаторного оборудования	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Объясните как продольная емкость обмотки трансформатора влияет на уровень перенапряжений на межкатушечной изоляции</li><li>2.Что такое “оггибающая максимальных потенциалов”?</li><li>3.Выведите формулу для расчета продольной емкости катушки обмотки непрерывного типа</li><li>4.Выведите формулу для расчета продольной емкости переплетенной пары катушек</li><li>5.Выведите формулу для расчета продольной емкости пары катушек с холостыми витками</li><li>6.Опишите процедуры экспериментального и расчетного определения входной емкости обмотки трансформатора</li><li>7.Что такое волна градиентов?</li><li>8.Чем определяется первая собственная частота колебаний обмотки трансформатора?</li></ol>
Уметь: Рассчитывать параметры широкополосных моделей трансформаторного оборудования	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Оцените входную емкость обмотки трансформатора при известных продольных и поперечных емкостях обмотки</li><li>2.Составьте схему замещения четырехобмоточного трансформатора для численного моделирования импульсных переходных процессов</li></ol>

### 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. Защита лабораторной работы "Численное моделирование однофазного дугового замыкания в распределительной сети с изолированной нейтралью"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы выполняется в смешанной устной и письменной форме. На её выполнение студенту дается 60 минут.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы предусматривает ответы на теоретические вопросы и решение задач.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Методы численного моделирования электрической дуги	1.Сформулируйте и объясните уравнение Майерса для математического моделирования электрической дуги 2.Сформулируйте и объясните уравнение Кассье для математического моделирования электрической дуги 3.Объясните блок-схему математической модели электрической дуги 4.Что влияет на напряжение смещения в нейтрали сети при погасании дугового замыкания? 5.Что влияние на погасание электрической дуги однофазного замыкания на землю?
Уметь: Составлять расчетные модели электрической дуги для её численного моделирования в программах расчета электромагнитных переходных процессов	1.Оцените параметры расчетной модели электрической дуги в воздухе 2.Оцените параметры расчетной модели электрической дуги в элегазовом выключателе 3.Оцените параметры расчетной модели электрической дуги в вакуумном выключателе

**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-6. Формирование системы уравнений метода конечных элементов для расчета электрического поля в воздушном изоляционном промежутке

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Домашнее задание выполняется в письменном виде. На его выполнение студенту дается 90 минут.

### Краткое содержание задания:

Составить систему уравнений метода конечных элементов для расчета электрического поля в воздушном промежутке между двумя плоскими электродами

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Теорию и этапы программного реализации метода конечных элементов для расчета двух- и трехмерных электромагнитных полей	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Сформулируйте вариационное уравнение для решения поставленной задачи</li><li>2. Поясните как сформирована система линейных алгебраических уравнений для численного решения</li><li>3. Что такое "симплексные координаты"?</li><li>4. Объясните выбор метода для генерации расчетной сетки</li><li>5. Как рассчитать напряженность электрического поля в промежутке на основании расчетных значений потенциалов в узлах сетки?</li><li>6. Предложите численный метод для решения системы линейных алгебраических уравнений</li></ol>
Уметь: Применять метод конечных элементов для расчета двух- и трехмерных электромагнитных полей	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Сформулируйте граничные условия для конечно-элементной расчетной модели электроизоляционного промежутка</li></ol>

### 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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Экзаменационный билет №1.

1. Принципы построения и алгоритмы компьютерных программ для моделирования электромагнитных переходных процессов в электроустановках.
2. Вариационная постановка задачи в методе конечных элементов.

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-2 Знает информационные технологии, используемые в науке и технике

#### Вопросы, задания

1. Экзаменационный билет №2.
1. Схемы замещения основного электрооборудования распределительных устройств и их применение в компьютерных программах.
2. Формирование и методы решения систем уравнений в методе конечных элементов.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой из перечисленных методов численного решения дифференциальных уравнений электромагнитных переходных процессов обладает наибольшей устойчивостью?

Ответы:

- а) явный метод Эйлера
- б) неявный метод Эйлера
- в) метод трапеций
- г) метод Рунге-Кутты-Фельдберга

Верный ответ: в

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-3 Знает и применяет на практике современные языки программирования для анализа, моделирования электроустановок в электроэнергетике и машинного обучения

#### Вопросы, задания

1. Экзаменационный билет №7.
1. Техника векторной аппроксимации частотных характеристик и ее применение в построении частотно-зависимых моделей трансформаторов, воздушных и кабельных линий.
2. Численное моделирование перекрытия гирлянд изоляторов при ударах молнии в воздушные линии электропередачи.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Выберите модель электрической дуги, дифференциальное уравнение которой содержит следующие параметры: проводимость канала дуги, напряжение на дуге, постоянная времени, падение напряжения в стационарном режиме

Ответы:

- а) модель Кассье
- б) модель Майера
- в) модифицированная модель Майера
- г) Модель Шварца

Верный ответ: а

2. Выберите модель электрической дуги, дифференциальное уравнение которой содержит следующие параметры: проводимость канала дуги, напряжение на дуге, ток дуги, мощность охлаждения

Ответы:

- а) модель Кассье
- б) модель Майера
- в) модифицированная модель Майера
- г) Модель Шварца

Верный ответ: б

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-бпк-3 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы высоковольтного электрооборудования

### Вопросы, задания

1. Экзаменационный билет №3.

1. Математические модели трансформаторного оборудования, основанные на принципе дуальности электрических и магнитных цепей. Учет нелинейности характеристики намагничивания магнитопровода, гистерезиса, технологических аспектов изготовления активной части трансформатора.

2. Расчет емкостей и индуктивностей схем замещения электрооборудования методом конечных элементов

2. Экзаменационный билет №5.

1. Численное моделирование феррорезонансных явлений в схемах с измерительными трансформаторами напряжения.

2. Математические модели вакуумных и элегазовых выключателей для оценки их отключающей способности.

3. Экзаменационный билет №6.

1. Электромагнитная теория волновых процессов в воздушных и кабельных линиях электропередачи.

2. Математические модели вакуумных и элегазовых выключателей для расчета переходных процессов при срезе тока и повторных зажиганиях дуги в камере выключателя.

4. Экзаменационный билет №8.

1. Численное моделирование низкочастотных и высокочастотных процессов в многопроводных воздушных и кабельных линиях.

2. Математические модели однофазных дуговых замыканий на землю в распределительных сетях.

5. Экзаменационный билет №9.

1. Численное моделирование кабельных линий для расчета потерь и перенапряжения в экранях.

2. Развитие дуальных моделей трансформаторов и реакторов для отражения высокочастотных процессов. Учет паразитных емкостей и индуктивностей при построении моделей.

6. Экзаменационный билет №10.

1. Широкополосные модели силовых и измерительных трансформаторов в задачах моделирования высокочастотных перенапряжений и преобразовательных установок силовой электроники.

2. Математические модели трансформаторного оборудования, основанные на принципе дуальности электрических и магнитных цепей.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. У какого из представленных типов катушечной обмотки трансформатора продольная емкость максимальная

Ответы:

- а) обмотка непрерывного типа
- б) обмотка с переплетением пар катушек
- в) обмотка с холостыми витками
- г) частично переплетенная обмотка

Верный ответ: б

2. Выберите явления, определяющие потери в магнитопроводе трансформатора

Ответы:

- а) магнитная вязкость
- б) гистерезис
- в) магнитострикции
- г) вихревые токи

Верный ответ: а, б, г

3. Какие элементы широкополосной дуальной модели силового трансформатора заключены внутри схемы, отделенной от внешней сети идеальными трансформаторами?

Ответы:

- а) индуктивности рассеяния
- б) активные сопротивления обмоток
- в) продольные емкости
- г) поперечные емкости
- д) индуктивности намагничивания

Верный ответ: а, д

4. В последовательном RLC-контуре с нелинейной индуктивностью возникновение устойчивого феррорезонанса достигается:

Ответы:

- а) увеличением активного сопротивления
- б) уменьшением активного сопротивления
- в) увеличением ЭДС
- г) уменьшением ЭДС

Верный ответ: б, в

5. Расширение диапазона точной аппроксимации частотных характеристик методом векторной аппроксимации обеспечивается:

Ответы:

- а) увеличением числа полюсов
- б) уменьшением числа полюсов
- в) увеличением числа расчетных декад по частоте
- г) уменьшением числа расчетных декад по частоте

Верный ответ: а, в

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-8ПК-3 Применяет в профессиональной деятельности современные методы и средства визуализации данных

#### **Вопросы, задания**

1. Экзаменационный билет №4.

1. Численное моделирование пусковых режимов силовых трансформаторов.
2. Численное моделирование полевых воздействий на изоляцию электрооборудования методом конечных элементов.

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

1. Расставьте в правильном порядке этапы дискретизации конструкции в методе конечных элементов

Ответы:

- а) разбивка области на конечные элементы
- б) описание каждого узла дискретной модели
- в) описание заданных граничных условий
- г) описание каждого конечного элемента
- д) выбор типа конечного элемента

Верный ответ: д, а, г, б, в

2. Расставьте в правильном порядке этапы решения электростатической задачи методом конечных элементов

Ответы:

- а) формирование глобальных матриц
- б) дискретизация конструкции
- в) решение системы разрешающих уравнений
- г) определение напряженностей электрического поля
- д) учет заданных граничных условий

Верный ответ: б, а, д, в, г

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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**

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

**Для курсового проекта/работы:**

**3 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита курсовой работы предусматривает ответы на теоретические вопросы и решение задач.

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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***