

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 14 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Математическое моделирование электроэнергетических систем  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Автоматизация в электроэнергетике и электротехнике  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – освоение методологии и технологии моделирования (в первую очередь компьютерного) при исследовании, проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем различных отраслей промышленности.

Задачи учебной дисциплины:

Изучение общих представлений о принципах моделирования и способах представления моделей электроэнергетических систем; методов, приемов и способов формализации объектов, процессов и явлений, протекающих в электроэнергетических системах, реализации моделей на компьютере; достоинств и недостатков различных способов представления моделей электроэнергетических систем.

Формирование умения создавать и различным способом представлять модели электроэнергетических систем; применять методы, различные приемы и способы формализации объектов, процессов и явлений с реализацией их на компьютере; оценивать достоинства и недостатки различных способов представления моделей электроэнергетических систем.

Формирование навыков моделирования электроэнергетических систем различными способами; практического применения методов, различных приемов и способов формализации объектов, процессов и явлений с реализацией их на компьютере; оценки достоинств и недостатков различных способов представления моделей электроэнергетических систем.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

? методы, приемы и способы формализации объектов, процессов и явлений, протекающих в электроэнергетических системах, реализации этих моделей на компьютере;

? принципы моделирования и способы представления моделей электроэнергетических систем;

? достоинства и недостатки различных способов представления моделей электроэнергетических систем.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает: – способы применения методов анализа вариантов моделей электроэнергетических систем; – способы разработки и поиска компромиссных решений при моделировании электроэнергетических систем.	Знает основные этапы, методы, инструменты и действия инжиниринга, необходимые для анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	Экзамен
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет: – анализировать варианты моделей электроэнергетических систем; – разрабатывать и осуществлять поиск компромиссных решений при моделировании электроэнергетических систем.	Умеет формулировать требования и критерии анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет: – практическими навыками анализа вариантов моделей электроэнергетических систем; – навыками практической разработки и поиска компромиссных решений при моделировании электроэнергетических систем.	Владеет навыками анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений с использованием базовых средств моделирования	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знает: – способы моделирования электроэнергетических систем для прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности.	Знает основные методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной деятельности	Экзамен
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Умеет: – моделировать электроэнергетические системы для прогнозирования свойств и поведения объектов в области	Умеет создавать и анализировать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		профессиональной деятельности.	деятельности	
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владеет: –навыками практического моделирования электроэнергетических систем для прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности.	Владеет навыками прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности с использованием современных программно-технических средств	Отчёт по практическом у занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Введение. Основные понятия и определения математического описания электроэнергетических систем	4	0	4	17
Тема 1. Основные понятия и определения моделирования электроэнергетических систем. Основы теории подобия и моделирования применительно к электроэнергетическим системам. Основные характеристики и особенности электроэнергетических систем. Моделирование как инструмент для изучения статических и динамических свойств электроэнергетических систем. Тема 2. Структура и состав электроэнергетических систем как объектов моделирования. Назначение, структура и состав электроэнергетических систем. Основные понятия и определения. Режимные и системные параметры электроэнергетических систем. Особенности управления электроэнергетическими системами.				
Структура математического описания электроэнергетических систем.	3	0	4	21
Тема 3. Особенности математического описания электроэнергетических систем как сложных систем. Требования к моделированию сложных систем. Модели элементов и модели связи элементов. Основные проблемы при моделировании сложных систем в целом и электроэнергетических систем в частности. Тема 4. Способы моделирования электроэнергетических систем как сложных систем. Совместное моделирование элементов электроэнергетических систем. Моделирование на основе обмена сигналами. Моделирование с использованием структурных матриц.				
Моделирование структурных элементов электроэнергетических систем.	6	0	14	31
Тема 5. Модели структурных элементов электроэнергетических систем. Требования к моделям. Ограничения моделей. Модели электрических генераторов и электрических двигателей, трансформаторов, линий электропередачи, статической нагрузки, первичных двигателей. Моделирование установившихся режимов и переходных процессов. Расчет начальных условий. Получение параметров математических моделей. Тема 6. Моделирование средств управления электроэнергетических систем. Задачи и особенности систем управления. Модели				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
систем управления электрогенератором и первичным двигателем.				
Моделирование взаимодействия структурных элементов электроэнергетических систем. Заключение.	5	0	12	21
Тема 7. Моделирование взаимодействия структурных элементов с учетом конфигурации моделируемой системы. Понятие графа и матрицы инцидентий. Моделирование установившихся режимов и переходных процессов: статические и динамические модели электроэнергетических систем. Моделирование различных режимов работы электроэнергетических систем. Моделирование несимметричных режимов работы. Адекватность математического моделирования. Заключение.				
ИТОГО по 1-му семестру	18	0	34	90
ИТОГО по дисциплине	18	0	34	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Математическое описание различных структур электрических систем и их элементов.
2	Математическое моделирование многоэлементных электрических систем на основе обмена сигналами.
3	Моделирование многоэлементных электрических систем на основе матриц, отображающих их структуру
4	Моделирование структурных элементов электрических систем: синхронные электрогенераторы.
5	Моделирование структурных элементов электрических систем: асинхронные двигатели.
6	Моделирование структурных элементов электрических систем: активно-индуктивная нагрузка.
7	Моделирование структурных элементов электрических систем: линии электропередачи.
8	Моделирование структурных элементов электрических систем: первичные двигатели.
9	Моделирование систем управления электрогенераторами.
10	Моделирование систем управления первичными двигателями.
11	Моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем
12	Моделирование динамических режимов электроэнергетических систем
13	Моделирование различных режимов работы электроэнергетических систем: параллельная работа, автономная работа, работа на мощную сеть, аварийные режимы, несимметричные режимы работы.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
14	Управление многоагрегатными электростанциями. Адекватность математического моделирования электроэнергетических систем.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.</li> </ol>
---

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

<b>№ п/п</b>	<b>Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</b>	<b>Количество экземпляров в библиотеке</b>
<b>1. Основная литература</b>		

1	Андриевская Н. В., Бочкарёв С. В. Моделирование систем : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 282 с. 17,75 усл. печ. л.	48
2	Веников В. А., Веников Г. В. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Высш. шк., 1984. 439 с.	13
3	Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7+Simulink 5/6 в математике и моделировании. М. : СОЛОН-Пресс, 2005. 575 с.	1
4	Математическое моделирование газотурбинных мини-электростанций и мини-энергосистем / Винокур В. М., Кавалеров Б. В., Петроченков А. Б., Сапунков М. Л. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 298 с. 18,75 усл. печ. л.	42
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Высш. шк., 1985. 536 с.	8
2	Сипайлов Г. А., Кононенко Е. В., Хорьков К. А. Электрические машины (специальный курс) : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Высш. шк., 1987. 286 с.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Электричество : теоретический и научно-практический журнал. Москва : Знак, 1880 - .	
2	Электротехника : научно-технический журнал. Москва : Знак, 1930 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Математическое моделирование газотурбинных мини-электростанций и мини-энергосистем / Винокур В. М., Кавалеров Б. В., Петроченков А. Б., Сапунков М. Л. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 298 с. 18,75 усл. печ. л.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160850">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160850</a>	локальная сеть; свободный доступ



### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Компьютер, проектор, маркерная (меловая) доска	1
Практическое занятие	Компьютер	10

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

«Математическое моделирование электроэнергетических систем»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	<u>13.04.02 Электроэнергетика и электротехника</u>
<b>Направленность (модуль) образовательной программы:</b>	<u>Автоматизация в электроэнергетике и электротехнике</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Магистр»
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 1</b>	<b>Семестр: 1</b>
<b>Трудоемкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч.
<b>Виды промежуточного контроля:</b>	
Экзамен: 1 семестр	

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Математическое моделирование электроэнергетических систем». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## **1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения**

### **1.1. Формируемые компетенции**

Таблица 1.1 – Компетенции, формируемыми в процессе освоения данной ОПОП, определенные на основе СУОС ВО ПНИПУ по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

№ п.п	Компетенции, формируемые на основании базовых учебных планов	
	Код компетенции	Формулировка компетенции
1	ПК-2.4	Способен применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений
2	ПК-2.5	Способен применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной деятельности

### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра базового учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения.

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	КУ	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
Знает способы применения методов анализа вариантов моделей электроэнергетических систем; способы разработки и поиска компромиссных решений при моделировании электроэнергетических систем. (ПК-2.4)		ТО1 ТО2		КР1 КР2		ТВ
Знает способы моделирования электроэнергетических систем для прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности (ПК-2.5)		ТО1 ТО2		КР1 КР2		ТВ

<b>Освоенные умения</b>						
Умеет анализировать варианты моделей электроэнергетических систем; разрабатывать и осуществлять поиск компромиссных решений при моделировании электроэнергетических систем. (ПК-2.4)				ПЗ1 ПЗ2		ПЗ
Умеет моделировать электроэнергетические системы для прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности. (ПК-2.5)				ПЗ1 ПЗ2		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
Владеет практическими навыками анализа вариантов моделей электроэнергетических систем; навыками практической разработки и поиска компромиссных решений при моделировании электроэнергетических систем. (ПК-2.4)				ПЗ1 ПЗ2		ПЗ
Владеет навыками практического моделирования электроэнергетических систем для прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности. (ПК-2.5)				ПЗ1 ПЗ2		ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КУ – курсовая работа.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в 1-м семестре в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Текущий контроль усвоения материала в форме письменного выборочного теоретического опроса студентов по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.2) проводится в форме контроля выполнения практических заданий и рубежного контроля (после изучения соответствующих модулей учебной дисциплины).

### **2.2.1. Практические задания**

Согласно РПД запланировано 14 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД. В ходе практических занятий студент закрепляет и углубляет полученные ранее теоретические знания. Особое внимание уделяется решению типовых практических задач, связанных с будущей профессиональной деятельностью по работе с электроэнергетическими системами. Для контроля выполнения практических занятий предусмотрена выдача студентам двух практических заданий. Первое ПЗ по модулю 1 «Введение. Основные понятия и определения» и по модулю 2 «Структура математического описания электроэнергетических систем», второе ПЗ по модулю 3 «Моделирование структурных элементов

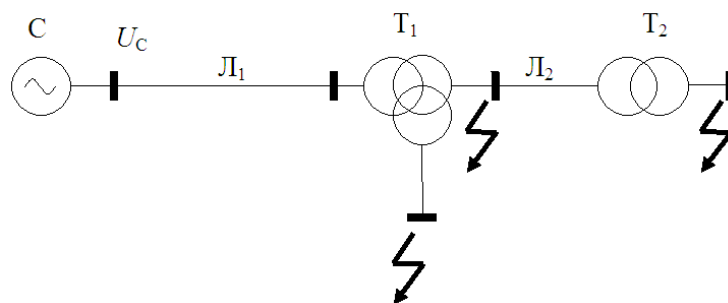
электроэнергетических систем» и по модулю 4 «Моделирование взаимодействия структурных элементов электроэнергетических систем».

Защита выполнения практического задания проводится индивидуально каждым студентом.

Типовая шкала и критерии оценки результатов защиты практических заданий приведены в общей части ФОС образовательной магистерской программы.

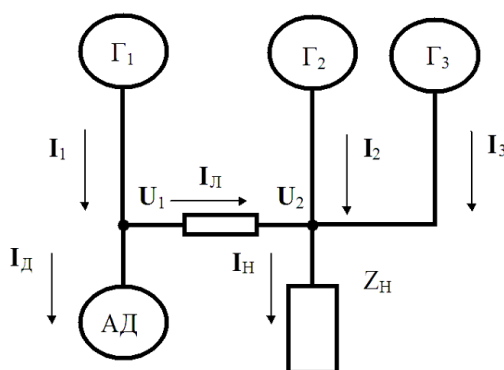
### Типовые задания первого ПЗ:

1. Нарисовать типовую структурную схему радиальной электроэнергетической системы, включающую систему (шины бесконечной мощности), трансформаторы, трансформаторные подстанции, линии электропередачи. Составить ее схему замещения с учетом только индуктивных сопротивлений, все ступени трансформации привести к ступени, где включается источник. Назвать системные и режимные параметры в этой схеме. Рассчитать начальные значения периодической составляющей тока при трехфазном коротком замыкании в указанных точках.



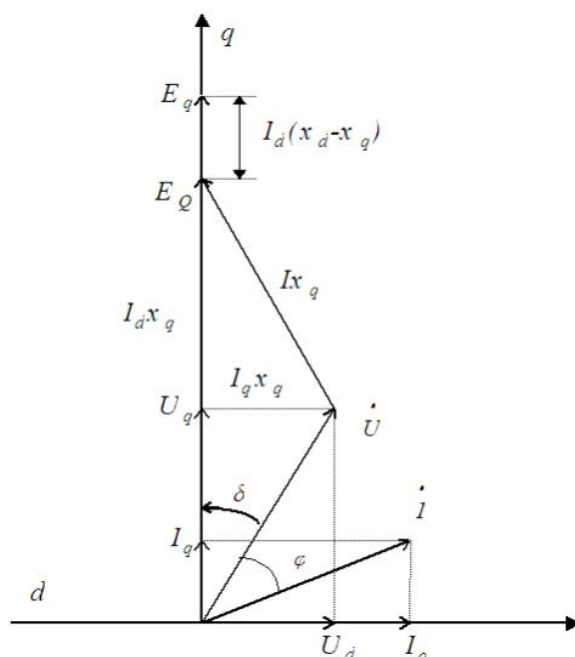
Данные:  $T_1$  40 МВА, 115/38.5/11 кВ,  $U_{КВС} = 17\%$ ,  $U_{КВН} = 10.5\%$ ,  $U_{КСН} = 6\%$ ;  $T_2$  6.3 МВА, 35/6.6 кВ,  $U_K = 7.5\%$ ;  $L_1$  80 км,  $x = 0.4$  Ом/км;  $L_2$  12 км,  $x = 0.4$  Ом/км; система С  $U_C = 117$  кВ.

2. Составить матрицу инцидентности для моделирования следующей структуры электроэнергетической системы



### Типовые задания второго ПЗ:

1. Объяснить векторную диаграмму синхронного генератора в осях Парка-Горева. Рассчитать с помощью этой векторной диаграммы начальные значения для моделирования синхронного генератора.



2. Объяснить особенности регулирования активной и реактивной мощности в электроэнергетической системе ограниченной мощности. Рассчитать переток мощности по линии электропередачи при заданных условиях.

### 2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Введение. Основные понятия и определения» и по модулю 2 «Структура математического описания электроэнергетических систем», вторая КР по модулю 3 «Моделирование структурных элементов электроэнергетических систем» и по модулю 4 «Моделирование взаимодействия структурных элементов электроэнергетических систем».

Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного модуля
5	Максимальный уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Отчет по контрольной работе оформлен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.



<b>Балл</b>	<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоения учебного модуля</b>
4	Средний уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении отчета по контрольной работе.
3	Минимальный уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, отчет по контрольной работе имеет недостаточный уровень качества оформления.
2	Минимальный уровень не достигнут	Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Записать требования действующих стандартов к качеству электрической энергии в электроэнергетических системах по напряжению и частоте.
2. Перечислить способы, с помощью которых могут взаимодействовать между собой модели подсистем в рамках единой модели системы электроснабжения. Охарактеризовать каждый из них.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Зарисовать структурную схему, поясняющую принцип действия бесщеточной системы возбуждения синхронного генератора.
2. Изобразить и объяснить алгоритм расчета переходных процессов в электроэнергетической системе на основе матриц инцидентности.

### **2.3. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических заданий, положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и приобретенных владений всех заявленных

компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Способы возбуждения синхронных генераторов.
2. Математическое описание синхронного генератора в осях Парка-Горева.
3. Нормы качества электрической энергии.
4. Математическое описание асинхронного двигателя в  $d, q$  – осях.
5. Математическое описание статической нагрузки в  $d, q$  – осях.
6. Математическое описание линии электропередачи в  $d, q$  – осях.
7. Математическое описание трансформатора в  $d, q$  – осях.
8. Система относительных единиц при моделировании электроэнергетических систем.
9. Математическое моделирование установившихся режимов работы элементов электроэнергетической системы.
10. Математическое моделирование взаимодействия элементов электроэнергетической системы на основе обмена сигналами.
11. Математическое моделирование взаимодействия элементов электроэнергетической системы на основе уравнений связи в статике.
12. Математическое моделирование взаимодействия элементов электроэнергетической системы на основе уравнений связи в динамике.
13. Математическое моделирование несимметричных режимов работы.
14. Основные различия в моделировании работы синхронного генератора на мощную сеть и на изолированную нагрузку.
15. Устройство и принцип действия автоматического регулятора возбуждения синхронного генератора.
16. Статические характеристики электрической нагрузки.
17. Статические характеристики передачи мощности в электроэнергетической системе.
18. Противоаварийная автоматика в электроэнергетических системах.
19. Устойчивость электроэнергетических систем.
20. Асинхронный ход генераторов электростанции.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Преобразуйте заданные величины фазных токов к двум неподвижным координатам (переход от трехфазной системы координат к двухфазной).
2. С помощью заданной векторной диаграммы синхронного генератора определите начальные значения переменных для моделирования его динамики в осях  $d, q$  (Парка-Горева).

3. Рассчитать следующие параметры синхронного генератора по его паспортным данным:  $x_{ad}$ ,  $x_{aq}$ ,  $x_f$ ,  $r_f$ ,  $T_J$ .
4. Перейти к относительным единицам для моделирования электроэнергетической системы при заданных номинальных данных синхронного генератора, трансформаторов, линий электропередачи и статической нагрузки.
5. Дана система уравнений, описывающая синхронный генератор (асинхронный двигатель, линию электропередачи, статическую нагрузку, трансформатор) в динамике, перейти от уравнений, описывающих динамику указанного в задании элемента к описанию его статики.
6. Записать матрицу инцидентности, отражающую структуру электроэнергетической системы, заданную на рисунке в виде схемы.
7. Рассчитать переток мощности по линии электропередачи при заданных условиях.
8. Перейти от описания статической нагрузки электроэнергетической системы через электрическую мощность (заданы в вопросе) к ее описанию с помощью сопротивлений.
9. По графикам переходного электромеханического процесса синхронного генератора, работающего на изолированную статическую нагрузку (активная мощность, механическая мощность, частота тока), определить постоянную инерции вала синхронного генератора.
10. Рассчитать начальные значения периодической составляющей тока при трехфазном коротком замыкании в указанных точках заданной схемы электроэнергетической системы..

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать*, *уметь*, *владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать*, *уметь* и *владеть* приведены в общей части ФОС магистерской программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.