



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

04.02.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электроснабжение

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	3


Магнитогорск  
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Электроснабжения промышленных предприятий  
30.01.2025 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
04.02.2025 г., протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ЭПП, канд. техн. наук

 Б.М. Логинов

Рецензент:  
зам. начальника ЭТО  
АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ»

 А.Ю. Литвинов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» является изучение методов математического моделирования основных элементов системы электроснабжения и сложносвязанных электрических сетей с использованием современных математических пакетов (Mathworks Matlab, MathCAD, National Instrument Multisim и т.д.).

Задачи дисциплины – усвоение студентами:

- методов математического моделирования основных элементов систем электроснабжения, таких как: генераторы, двигатели постоянного и переменного тока, трансформаторы и т.д., а также способов моделирования сложносвязанных электрических сетей с использованием специализированных математических пакетов;
- основных приемов работы в математических пакетах для моделирования сложных электротехнических комплексов, таких как электродуговые сталеплавильные печи, прокатные станы и т.д.;
- устройства, принципа работы и способов моделирования систем автоматического регулирования скорости, тока, напряжения и возбуждения двигателей и генераторов.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» входит в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Информатика

Математика

Теоретические основы электротехники

Электроэнергетические системы и сети

Электрические машины

Математические задачи энергетики и применение ЭВМ

Основы информационной электроники

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Электрические станции и подстанции

Электротехнологические установки

Проектирование электроснабжения

Электроснабжение

Электрические аппараты

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и обрабатывать результаты экспериментов
ПК-1.1	Разрабатывает план мероприятий по повышению надежности и экономичности работы электротехнического оборудования

#### 4 Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 6,4 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 97,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час.

Форма аттестации – зачет с оценкой.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ								
1.1 Введение в математическое моделирование. Основные виды и свойства математических моделей. Основы моделирования в математическом пакете Mathworks Matlab	3	2				самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №1	Устный опрос №1	ПК-1.1
1.2 Написание программного кода в Matlab. Создание математической модели в виде структурной схемы. Создание математической модели в виде имитационной схемы с использованием готовых блоков библиотеки SimPowerSystems.				2	15	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №2; выполнение домашнего задания №1	Устный опрос №2; домашнее задание №1;	ПК-1.1
Итого по разделу		2		2	15			
2. 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ								
2.1 Исследование основных характеристик типовых динамических звеньев в математическом пакете Matlab с приложением Simulink. Построение частотных характеристик	3				16	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №3; выполнение домашнего задания №2	Устный опрос №3; домашнее задание №2	ПК-1.1
Итого по разделу					16			

3. 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТУРА ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ								
3.1 Модель электрического контура ДСП с представлением дуги в виде нелинейного активного сопротивления. Модель электрического контура ДСП с представлением дуги в виде противо-ЭДС с диодами (метод Тельного). Модель электрического контура ДСП с представлением дуги с помощью нелинейного дифференциального уравнения Касси	3			2	20	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №4; выполнение домашнего задания №3	Устный опрос №4; домашнее задание №3	ПК-1.1
Итого по разделу				2	20			
4. 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ								
4.1 Математическая модель полупроводникового диода	3				12	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №5; выполнение домашнего задания №4	Устный опрос №5; домашнее задание №4	ПК-1.1
4.2 Моделирование селективной работы защитной автоматики					12	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №5; выполнение домашнего задания №4	Устный опрос №5; домашнее задание №4	ПК-1.1
4.3 Однофазная математическая модель силового трансформатора.					12	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №5; выполнение домашнего задания №4	Устный опрос №5; домашнее задание №4	ПК-1.1
Итого по разделу					36			
5. 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЗАМКНУТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ								

5.1 Самостоятельная контрольная работа на тему «Разработка имитационной модели сложнзамкнутой электрической сети для расчета установившихся режимов работы»	3				10,7	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №6; выполнение домашнего задания №5;	Устный опрос №6; домашнее задание №5	ПК-1.1
Итого по разделу					10,7			
Итого за семестр	2			4	97,7		зао	
Итого по дисциплине	2			4	97,7		зачет с оценкой	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «дисциплины «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. В ходе проведения лекционных занятий предусматривается: 1) использование электронного демонстрационного материала по темам, требующим иллюстрации работы специализированного программного обеспечения, сложных структурных схем и большого объема графического материала; 2) использование электронных учебников по отдельным темам занятий; 3) активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос и т.д.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при работе на практических занятиях и при подготовке к итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Николаев, А. А. Математическое моделирование в электроэнергетических системах : учебное пособие / А. А. Николаев, И. Р. Абдулвелеев, В. В. Анохин ; МГТУ. – [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2016 г.]. – Магнитогорск : МГТУ, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с титул. экрана. – URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20737> (дата обращения: 19.03.2025). – Макрообъект. – Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование : учебник для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 126 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08475-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561369> (дата обращения: 19.03.2025).

2. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2024. — 592 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011996-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2082910> (дата обращения: 19.03.2025). – Режим доступа: по подписке.



3. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 343 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20145-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557644> (дата обращения: 19.03.2025).

4. Коткин, Г. Л. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием Matlab : учебник для вузов / Г. Л. Коткин, Л. К. Попов, В. С. Черкасский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 202 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10512-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/565170> (дата обращения: 19.03.2025).

#### **в) Методические указания:**

1. Корнилов, Г. П. Лабораторный практикум по дисциплинам «Теоретические основы электротехники» и «Основы электротехники и электроники» с выполнением на персональном компьютере [Текст]: Учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение» / Г. П. Корнилов, А. А. Николаев. — Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. — 76 с.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	URL: <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Российская Государственная библиотека. КATALOGI	URL: <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	URL: <a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа – мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – доска, мультимедийный проектор, экран.
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся – персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

(обязательное)

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях заключается: 1) в разработке математических моделей элементов систем электроснабжения и их реализации в прикладных пакетах Mathworks Matlab; 2) в проведении самостоятельных исследований с последующим анализом и коллективным обсуждением результатов.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает в себя: 1) чтение и проработка лекционного материала и рекомендованной литературы; 2) задания для самостоятельного выполнения; 3) подготовку к устным опросам и зачету с оценкой.

### **Примеры заданий для устных опросов:**

#### **Устный опрос №1**

1. Дайте определение понятию «моделирование».
2. Назовите классификацию моделей по принципу реализации, по точности и по фактору времени.
3. Каковы ключевые отличия математического и физического моделирования?
4. Какие требования предъявляются к математическим моделям?
5. Что такое адекватность модели?

#### **Устный опрос №2**

1. Назовите основные типовые динамические звенья
2. Что такое переходные и импульсные функции звеньев?
3. Что показывают частотные характеристики звеньев?
4. Какая САР может считаться устойчивой?
5. По каким параметрам оценивается качество САР?

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

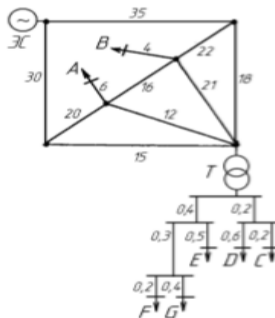
(обязательное)

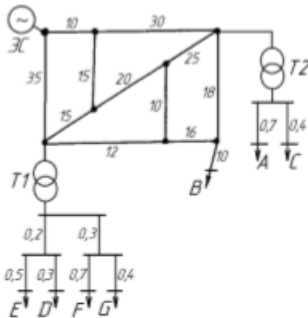
### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

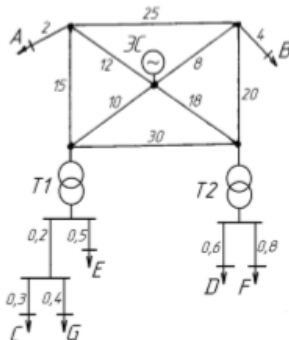
#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1: Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и обрабатывать результаты экспериментов</b>		
ПК-1.1	Разрабатывает план мероприятий по повышению надежности и экономичности работы электротехнического оборудования	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачёту:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие моделирования.</li> <li>2. Классификация математических моделей по принципу реализации, по точности, по фактору времени (статические и динамические).</li> <li>3. Математическое моделирование. Требования, предъявляемые к математическим моделям.</li> <li>4. Понятия подобия и адекватности модели.</li> <li>5. Понятие эксперимента и его классификация.</li> <li>6. Основы работы в математическом пакете Mathworks Matlab.</li> <li>7. Основы работы в математическом пакете National Instrumenst Multisim.</li> <li>8. Математическая модель трехфазного трансформатора с учетом насыщения магнитопровода.</li> <li>9. Математическая модель синхронного генератора.</li> <li>10. Математическая модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.</li> <li>11. Математическая модель асинхронного двигателя.</li> <li>12. Математическая модель линии с сосредоточенными параметрами.</li> <li>13. Математическая модель линии с распределенными параметрами.</li> <li>14. Типовые динамические звенья.</li> <li>15. Переходные и импульсные функции динамических звеньев.</li> <li>16. Частотные характеристики динамических звеньев.</li> <li>17. Структурные схемы и их преобразование.</li> <li>18. Построение логарифмических частотных характеристик динамических звеньев.</li> <li>19. Структурные схемы замкнутых и разомкнутых САР.</li> <li>20. Стационарные режимы САР.</li> <li>21. Устойчивость линейных САР.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>22. Качество систем автоматического регулирования.</p> <p>23. Коррекция САР.</p> <p>24. Оптимальные линейные САР.</p> <p>25. Системы автоматического регулирования, настроенные на модульный и симметричный оптимум.</p> <p>26. Математические модели силовой части тиристорных преобразователей с 6-ти и 12-ти пульсными схемами выпрямления.</p> <p>27. Математическая модель системы импульсно-фазового управления.</p> <p>28. Основные энергетические и электрические показатели тиристорных преобразователей.</p> <p>29. Высшие гармоники тока, генерируемые тиристорным преобразователем.</p> <p>30. Принципы построения двухконтурной системы подчиненного регулирования скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>31. Составление схемы замещения сложносамкнутой электрической сети.</p> <p>32. Расчет параметров схемы замещения.</p> <p>33. Реализация математической модели сложносамкнутой электрической сети в программных пакетах Mathworks Matlab и National Instruments Multisim.</p> <p>34. Особенности расчета токов и напряжений в сложносамкнутой электрической цепи в векторной форме.</p> <p>35. Анализ потерь активной мощности в сложносамкнутой электрической сети.</p> <p><b>Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации:</b></p> <p>Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине заключается в самостоятельной детальной проработке лекционного материала и материала, вынесенного на самостоятельное изучение с использованием рекомендуемой основной и дополнительной литературы. Рекомендуется производить подготовку систематически, используя все время, предусмотренное учебным планом для самостоятельной работы.</p> <p><b>Примерные задания на контрольную работу:</b></p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																										
		<div><div></div><div><p>1. В математическом пакете MatLab с приложением Simulink составить имитационную модель сложнозамкнутой электрической сети. Электрические нагрузки представить источниками тока с фиксированными значениями амплитуды и фазы. Внешнюю питающую сеть представить источником ЭДС бесконечной мощности.</p><p>2. Провести расчет установившегося режима с использованием метода Phasor.</p><p>3. Измерить токи и напряжения во всех узлах и ветвях электрической сети, а также провести измерение активной, реактивной и полной мощности, передаваемой по каждой ветви.</p><p>4. При расчете принять мощность в узлах нагрузки A, B, C и D следующей: <math>S_A = 4 + j18</math> МВА, <math>S_B = 22 + j13</math> МВА, <math>S_C = 28 + j15</math> МВА, <math>S_D = 31 + j17</math> МВА.</p></div></div>																																										
		<table><tr><th colspan="2">Номинальное напряжение, кВ</th><th colspan="2">Марка трансформаторов</th><th colspan="3">Эл.нагрузка узлов сети, МВА</th></tr><tr><th>ВН</th><th>НН</th><th>T1</th><th>T2</th><th><math>S_E</math></th><th><math>S_F</math></th><th><math>S_G</math></th></tr><tr><td>110</td><td>10</td><td>2 x ТДЦ - 40</td><td>-</td><td><math>10 + j8</math></td><td><math>16 + j12</math></td><td><math>5 + j3</math></td></tr><tr><th colspan="4">Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН</th><th colspan="3">Марка и сечение кабелей НН</th></tr><tr><td colspan="2">линии связи с энергосистемой</td><td colspan="2">прочие ЛЭП</td><td colspan="2">отходящие от трансформаторов</td><td>прочие ЛЭП</td></tr><tr><td colspan="2">1 x AC-500</td><td colspan="2">2 x AC-240</td><td colspan="2">10 x ААБ-240</td><td>8 x ААБ-185</td></tr></table>	Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл.нагрузка узлов сети, МВА			ВН	НН	T1	T2	$S_E$	$S_F$	$S_G$	110	10	2 x ТДЦ - 40	-	$10 + j8$	$16 + j12$	$5 + j3$	Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН				Марка и сечение кабелей НН			линии связи с энергосистемой		прочие ЛЭП		отходящие от трансформаторов		прочие ЛЭП	1 x AC-500		2 x AC-240		10 x ААБ-240		8 x ААБ-185
Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл.нагрузка узлов сети, МВА																																								
ВН	НН	T1	T2	$S_E$	$S_F$	$S_G$																																						
110	10	2 x ТДЦ - 40	-	$10 + j8$	$16 + j12$	$5 + j3$																																						
Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН				Марка и сечение кабелей НН																																								
линии связи с энергосистемой		прочие ЛЭП		отходящие от трансформаторов		прочие ЛЭП																																						
1 x AC-500		2 x AC-240		10 x ААБ-240		8 x ААБ-185																																						

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																										
		<div><div></div><div><ol style="list-style-type: none"><li>1. В математическом пакете MatLab с приложением Simulink составить имитационную модель сложносвязанной электрической сети. Электрические нагрузки представить источниками тока с фиксированными значениями амплитуды и фазы. Внешнюю питающую сеть представить источником ЭДС бесконечной мощности.</li><li>2. Провести расчет установившегося режима с использованием метода Phasor.</li><li>3. Измерить токи и напряжения во всех узлах и ветвях электрической сети, а также провести измерение активной, реактивной и полной мощности, передаваемой по каждой ветви.</li><li>4. При расчете принять мощность в узлах нагрузки A, B, C и D следующей: <math>S_A = 19 + j12</math> МВА, <math>S_B = 35 + j25</math> МВА, <math>S_C = 14 - j16</math> МВА, <math>S_D = 25 + j10</math> МВА.</li></ol></div></div> <div><table><tr><th colspan="2">Номинальное напряжение, кВ</th><th colspan="2">Марка трансформаторов</th><th colspan="3">Эл. нагрузка узлов сети, МВА</th></tr><tr><th>ВН</th><th>НН</th><th>T1</th><th>T2</th><th><math>S_E</math></th><th><math>S_F</math></th><th><math>S_G</math></th></tr><tr><td>110</td><td>10</td><td>2 x ТДЦ - 80</td><td>1 x ТДЦ - 80</td><td><math>10 + j8</math></td><td><math>16 + j12</math></td><td><math>5 + j3</math></td></tr><tr><th colspan="4">Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН</th><th colspan="3">Марка и сечение кабелей НН</th></tr><tr><td colspan="2">линии связи с энергосистемой</td><td colspan="2">прочие ЛЭП</td><td>отходящие от трансформаторов</td><td colspan="2">прочие ЛЭП</td></tr><tr><td colspan="2">1 x AC-500</td><td colspan="2">2 x AC-240</td><td>10 x ААБ-240</td><td colspan="2">8 x ААБ-185</td></tr></table></div>	Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл. нагрузка узлов сети, МВА			ВН	НН	T1	T2	$S_E$	$S_F$	$S_G$	110	10	2 x ТДЦ - 80	1 x ТДЦ - 80	$10 + j8$	$16 + j12$	$5 + j3$	Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН				Марка и сечение кабелей НН			линии связи с энергосистемой		прочие ЛЭП		отходящие от трансформаторов	прочие ЛЭП		1 x AC-500		2 x AC-240		10 x ААБ-240	8 x ААБ-185	
Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл. нагрузка узлов сети, МВА																																								
ВН	НН	T1	T2	$S_E$	$S_F$	$S_G$																																						
110	10	2 x ТДЦ - 80	1 x ТДЦ - 80	$10 + j8$	$16 + j12$	$5 + j3$																																						
Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН				Марка и сечение кабелей НН																																								
линии связи с энергосистемой		прочие ЛЭП		отходящие от трансформаторов	прочие ЛЭП																																							
1 x AC-500		2 x AC-240		10 x ААБ-240	8 x ААБ-185																																							

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																										
		<div><div></div><div><p>1. В математическом пакете MatLab с приложением Simulink составить имитационную модель сложной замкнутой электрической сети. Электрические нагрузки представить источниками тока с фиксированными значениями амплитуды и фазы. Внешнюю питающую сеть представить источником ЭДС бесконечной мощности.</p><p>2. Провести расчет установившегося режима с использованием метода Phasor.</p><p>3. Измерить токи и напряжения во всех узлах и ветвях электрической сети, а также провести измерение активной, реактивной и полной мощности, передаваемой по каждой ветви.</p><p>4. При расчете принять мощность в узлах нагрузки A, B, C и D следующей: <math>S_A = 8 + j6</math> MVA, <math>S_B = 18 + j22</math> MVA, <math>S_C = 21 + j16</math> MVA, <math>S_D = 54 + j20</math> MVA.</p></div><div><table><tr><th colspan="2">Номинальное напряжение, кВ</th><th colspan="2">Марка трансформаторов</th><th colspan="3">Эл.нагрузка узлов сети, МВА</th></tr><tr><th>ВН</th><th>НН</th><th>T1</th><th>T2</th><th><math>S_E</math></th><th><math>S_F</math></th><th><math>S_G</math></th></tr><tr><td>110</td><td>6</td><td>2 x ТДЦ - 80</td><td>2 x ТДЦ - 80</td><td><math>10 + j8</math></td><td><math>16 + j12</math></td><td><math>5 + j3</math></td></tr><tr><th colspan="4">Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН</th><th colspan="3">Марка и сечение кабелей НН</th></tr><tr><th colspan="2">линии связи с энергосистемой</th><th colspan="2">прочие ЛЭП</th><th>отходящие от трансформаторов</th><th colspan="2">прочие ЛЭП</th></tr><tr><td colspan="2">1 x AC-500</td><td colspan="2">2 x AC-240</td><td>10 x ААБ-240</td><td colspan="2">8 x ААБ-185</td></tr></table></div></div>	Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл.нагрузка узлов сети, МВА			ВН	НН	T1	T2	$S_E$	$S_F$	$S_G$	110	6	2 x ТДЦ - 80	2 x ТДЦ - 80	$10 + j8$	$16 + j12$	$5 + j3$	Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН				Марка и сечение кабелей НН			линии связи с энергосистемой		прочие ЛЭП		отходящие от трансформаторов	прочие ЛЭП		1 x AC-500		2 x AC-240		10 x ААБ-240	8 x ААБ-185	
Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл.нагрузка узлов сети, МВА																																								
ВН	НН	T1	T2	$S_E$	$S_F$	$S_G$																																						
110	6	2 x ТДЦ - 80	2 x ТДЦ - 80	$10 + j8$	$16 + j12$	$5 + j3$																																						
Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН				Марка и сечение кабелей НН																																								
линии связи с энергосистемой		прочие ЛЭП		отходящие от трансформаторов	прочие ЛЭП																																							
1 x AC-500		2 x AC-240		10 x ААБ-240	8 x ААБ-185																																							
		<p><b>Примеры рефератов:</b></p> <p><u>Основы работы в математическом пакете Mathworks Matlab</u> (графический интерфейс программы; основные операции с массивами данных; основы встроенного языка программирования; основные библиотеки приложения Simulink; работа с основными блоками электрических элементов библиотек SimPowerSystem; методы расчета моделей; оформление результатов математического моделирования) (д</p>																																										



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>вариантам).</p> <p><u>Основы работы в математическом пакете National Instrumenst Multisim</u> (графический интерфейс программы; работа с основными блоками электрических элементов; оформление результатов математического моделирования) (по вариантам).</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачёта с оценкой. Обязательным условием сдачи зачёта является успешное выступление с подготовленным во время обучения рефератом.

Промежуточная аттестация по данной дисциплине проводится в устной форме по индивидуальным заданиям, каждое из которых включает теоретический вопрос и практическое задание.

**Критерии оценки зачета с оценкой:**

– на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений в области моделирования электроэнергетических систем и сетей;

– на оценку **«хорошо»** – студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.