



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

03.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ***

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Электроэнергетика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2026 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
22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой



А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



В.Р. Храмшин

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



Б.М. Логинов

Рецензент:
заместитель главного энергетика
по электроснабжению УГЭ ПАО «ММК»



А.Я. Альбрехт

Лист актуализации рабочей программы

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:

Математика

Теоретические основы электротехники

Электроэнергетические системы и сети

Электрические машины

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

Электрические станции и подстанции

Проектирование электроснабжения

Электроснабжение

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 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 54,15 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,15 акад. часов;
- самостоятельная работа – 54,15 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	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. 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	6	1			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.		3		8	6	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		4		8	8			
2. Исследование характеристик типовых динамических звеньев								
2.1 Исследование основных характеристик типовых динамических звеньев в математическом пакете Matlab с приложением Simulink. Построение частотных характеристик	6	2		4	8	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		2		4	8			

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	6	6		12	12	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		6		12	12			
4. Моделирование отдельных элементов систем электроснабжения								
4.1 Математическая модель полупроводникового диода		1		4	4	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	6	1		4	4	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.		1		2	4	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		3		10	12			
5. Моделирование сложнзамкнутой электрической сети								

5.1 Самостоятельная контрольная работа на тему «Разработка имитационной модели сложноразветвленной электрической сети для расчета установившихся режимов работы»	6	2			14,15	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		2			14,15			
б. 6. Промежуточная аттестация								
б.1 Подготовка к экзамену	6					Чтение лекций		ПК-1.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		17		34	54,15		экзамен	
Итого по дисциплине		17		34	54,15		экзамен	

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: 19.01.2026). – 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: 19.01.2026).

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: 19.01.2026). – 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: 19.01.2026).

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: 19.01.2026).

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
NI MultiSim Education	К-68-08 от 29.05.2008	бессрочно
NI Developer Suite	К-118-08 от 20.10.2008	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»	http://www1.fips.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий ООО «ИВИС»	https://eivis.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории: Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Оснащение аудитории: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Тип и название аудитории: Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащение аудитории: Доска, мультимедийный проектор, экран.

Тип и название аудитории: Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Оснащение аудитории: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Тип и название аудитории: Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Оснащение аудитории: 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 экзамену.

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?

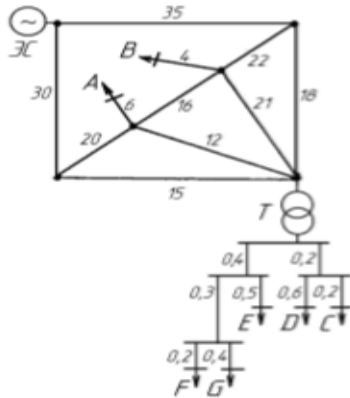
ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(обязательное)

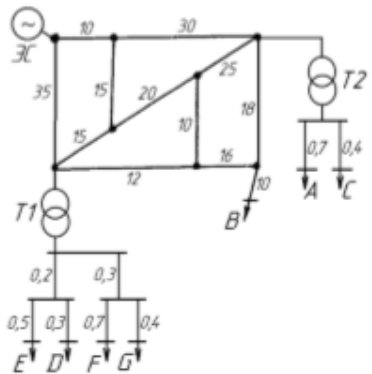
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

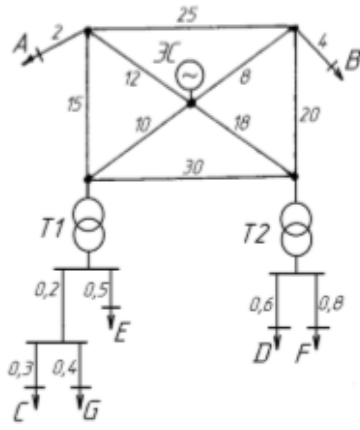
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1.1	Разрабатывает план мероприятий по повышению надежности и экономичности работы электротехнического оборудования	<p>Перечень теоретических вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие моделирования. 2. Классификация математических моделей по принципу реализации, по точности, по фактору времени (статические и динамические). 3. Математическое моделирование. Требования, предъявляемые к математическим моделям. 4. Понятия подобия и адекватности модели. 5. Понятие эксперимента и его классификация. 6. Основы работы в математическом пакете Mathworks Matlab. 7. Основы работы в математическом пакете National Instruments Multisim. 8. Математическая модель трехфазного трансформатора с учетом насыщения магнитопровода. 9. Математическая модель синхронного генератора. 10. Математическая модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. 11. Математическая модель асинхронного двигателя. 12. Математическая модель линии с сосредоточенными параметрами. 13. Математическая модель линии с распределенными параметрами. 14. Типовые динамические звенья. 15. Переходные и импульсные функции динамических звеньев. 16. Частотные характеристики динамических звеньев. 17. Структурные схемы и их преобразование. 18. Построение логарифмических частотных характеристик динамических звеньев. 19. Структурные схемы замкнутых и разомкнутых САП. 20. Стационарные режимы САП. 21. Устойчивость линейных САП. 22. Качество систем автоматического регулирования. 23. Коррекция САП.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<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 сложноразветвленной электрической сети.</p> <p>32.Расчет параметров схемы замещения.</p> <p>33.Реализация математической модели сложноразветвленной электрической сети в программных пакетах Mathworks Matlab и National Instruments Multisim.</p> <p>34.Особенности расчета токов и напряжений в сложноразветвленной электрической цепи в векторной форме.</p> <p>35.Анализ потерь активной мощности в сложноразветвленной электрической сети</p> <p>Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации</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>Примерные практические задания:</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																										
		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. В математическом пакете MatLab с приложением Simulink составить имитационную модель сложносамкнутой электрической сети. Электрические нагрузки представить источниками тока с фиксированными значениями амплитуды и фазы. Внешнюю питающую сеть представить источником ЭДС бесконечной мощности. 2. Провести расчет установившегося режима с использованием метода Phasor. 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. 4. При расчете принять мощность в узлах нагрузки A, B, C и D следующей: $S_A = 4 + j18$ МВА, $S_B = 22 + j13$ МВА, $S_C = 28 + j15$ МВА, $S_D = 31 + j17$ МВА. </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <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>S_E</th> <th>S_F</th> <th>S_G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>110</td> <td>10</td> <td>2 x ТДЦ - 40</td> <td>-</td> <td>$10 + j8$</td> <td>$16 + j12$</td> <td>$5 + j3$</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> </tbody> </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 style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. В математическом пакете MatLab с приложением Simulink составить имитационную модель сложносамкнутой электрической сети. Электрические нагрузки представить источниками тока с фиксированными значениями амплитуды и фазы. Внешнюю питающую сеть представить источником ЭДС бесконечной мощности. 2. Провести расчет установившегося режима с использованием метода Phasor. 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. 4. При расчете принять мощность в узлах нагрузки A, B, C и D следующей: $S_A = 19 + j12$ МВА, $S_B = 35 + j25$ МВА, $S_C = 14 - j16$ МВА, $S_D = 25 + j10$ МВА. </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <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>S_E</th> <th>S_F</th> <th>S_G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>110</td> <td>10</td> <td>2 x ТДЦ - 80</td> <td>1 x ТДЦ - 80</td> <td>10 + j8</td> <td>16 + j12</td> <td>5 + j3</td> </tr> <tr> <th colspan="3">Марка и сечение проводов ВЛЭП ВН</th> <th colspan="4">Марка и сечение кабелей НН</th> </tr> <tr> <td colspan="3">линии связи с энергосистемой</td> <td colspan="2">прочие ЛЭП</td> <td colspan="1">отходящие от трансформаторов</td> <td colspan="1">прочие ЛЭП</td> </tr> <tr> <td colspan="3">1 x AC-500</td> <td colspan="2">2 x AC-240</td> <td colspan="1">10 x ААБ-240</td> <td colspan="1">8 x ААБ-185</td> </tr> </tbody> </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 - 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 style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="width: 60%;"> <ol style="list-style-type: none"> 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. 2. Провести расчет установившегося режима с использованием метода Phasor. 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. 4. При расчете принять мощность в узлах нагрузки A, B, C и D следующей: $S_A = 8 + j6$ МВА, $S_B = 18 + j22$ МВА, $S_C = 21 + j16$ МВА, $S_D = 54 + j20$ МВА. </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <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>S_E</th> <th>S_F</th> <th>S_G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>110</td> <td>6</td> <td>2 x ТДЦ - 80</td> <td>2 x ТДЦ - 80</td> <td>$10 + j8$</td> <td>$16 + j12$</td> <td>$5 + j3$</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> </tbody> </table>	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																																							

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Примеры рефератов:</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 библиотеки Sim Power System; методы расчета моделей; оформление результатов математического моделирования) (по вариантам).</p> <p><u>Основы работы в математическом пакете National Instruments Multisim</u> (графический интерфейс программы; работа с основными блоками электрических элементов; оформление результатов математического моделирования) (по вариантам).</p> <p>Примеры математических моделей для самостоятельного выполнения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Математическая модель трехфазного трансформатора с учетом насыщения магнитопровода. - Математическая модель синхронного генератора. - Математические модели двигателя постоянного тока с независимым возбуждением и асинхронного двигателя. - Математические модели линий с сосредоточенными и с распределенными параметрами (по вариантам). - Составление схемы замещения сложноразветвленной электрической сети. Расчет параметров схемы замещения. - Реализация математической модели сложноразветвленной электрической сети в программных пакетах Mathworks Matlab. Особенности расчета токов и напряжений в сложноразветвленной электрической цепи в векторной форме. Анализ потерь активной мощности в сложноразветвленной электрической сети. - Математические модели силовой части тиристорных преобразователей с 6-ти и 12-ти импульсными схемами выпрямления. - Математическая модель системы импульсно-фазового управления. - Основные энергетические и электрические показатели тиристорных преобразователей: угол коммутации, угол управления, средние значения выпрямленного тока и напряжения. - Высшие гармоники тока, генерируемые тиристорным преобразователем. - Принципы построения двухконтурной системы подчиненного регулирования скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения (по вариантам).

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 экзамена. Обязательным условием сдачи экзамена 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.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.