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

13.02.2024 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
очная

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

Магнитогорск
2024 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
09.02.2024 г., протокол № 3

Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г., протокол № 4

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

КАНЦЕЛЯРИЯ

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 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 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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование в электроэнергетических системах» является изучение методов математического моделирования основных элементов системы электроснабжения и сложнозамкнутых электрических сетей с использованием современных математических пакетов (Mathworks Matlab, MathCAD, National Instrumenst 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 сложнозамкнутых 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 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 54,15 акад. часов:
– аудиторная – 51 акад. часов;
– внеаудиторная – 3,15 акад. часов;
– самостоятельная работа – 36,15 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 0 акад. час;
– подготовка к экзамену – 17,7 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 с	6	1				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	6			
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	6	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	6			

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	10	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	10			
4. Моделирование отдельных элементов систем электроснабжения								
4.1 Математическая модель полупроводникового диода	6	1		4	3	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		1		4	1,05	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	2	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	6,05			
5. Моделирование сложнозамкнутой электрической сети								

5.1 Самостоятельная контрольная работа на тему «Разработка имитационной модели сложнозамкнутой электрической сети для расчета установившихся режимов работы»	6	2			8,1	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			8,1			
6. 6. Промежуточная аттестация								
6.1 Подготовка к экзамену	6					Чтение лекций		ПК-1.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		17		34	36,15		экзамен	
Итого по дисциплине		17		34	36,15		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 занятиях используются работа в команде и методы IT.

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: 20.03.2024). – Макрообъект. – Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

б) Дополнительная литература:

1. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. И. Рейзлин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 126 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-08475-7. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/451402 (дата обращения: 20.03.2024).

2. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2018. – 592 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-104762-0. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/952123 (дата обращения: 20.03.2024). – Режим доступа: по подписке.

3. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для академического бакалавриата / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 7-е изд. — Москва : Издательство

Юрайт, 2019. – 343 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-3916-3. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/425228 (дата обращения: 20.03.2024). – Режим доступа: по подписке.

4. Коткин, Г. Л. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием Matlab : учебное пособие для вузов / Г. Л. Коткин, Л. К. Попов, В. С. Черкасский. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 202 с. – (Университеты России). – ISBN 978-5-534-10512-4. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/430702 (дата обращения: 20.03.2024). – Режим доступа: по подписке.

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	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	бессрочно
Adobe Reader	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	URL: https://dlib.eastview.com/

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

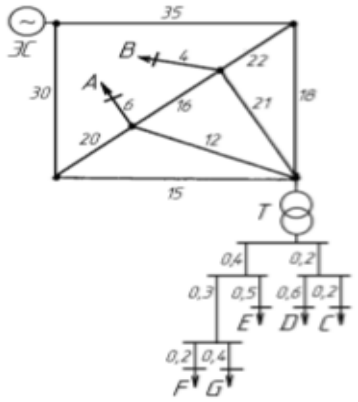
1. Назовите основные типовые динамические звенья
2. Что такое переходные и импульсные функции звеньев?
3. Что показывают частотные характеристики звеньев?
4. Какая САР может считаться устойчивой?
5. По каким параметрам оценивается качество САР?

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(обязательное)

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

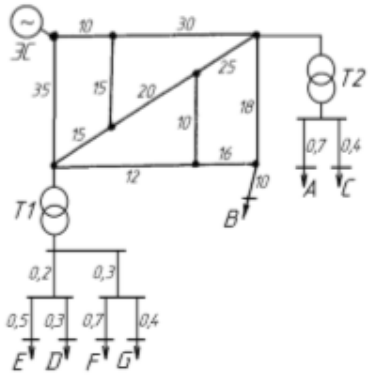
Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1.1	Разрабатывает план мероприятий по повышению надежности и экономичности работы электротехнического оборудования	**Перечень теоретических вопросов к зачёту:** 1.Понятие моделирования. 2.Классификация математических моделей по принципу 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 САР. 20.Стационарные режимы САР. 21.Устойчивость линейных САР. 22.Качество систем автоматического регулирования. 23.Коррекция САР.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		24.Оптимальные линейные САР. 25.Системы автоматического регулирования, настроенные на модульный и симметричный оптимум. 26.Математические модели силовой части тиристорных преобразователей с 6-ти и 12-ти пульсными схемами выпрямления. 27.Математическая модель системы импульсно-фазового управления. 28.Основные энергетические и электрические показатели тиристорных преобразователей. 29.Высшие гармоники тока, генерируемые тиристорным преобразователем. 30.Принципы построения двухконтурной системы подчиненного регулирования скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения. 31.Составление схемы замещения сложнозамкнутой электрической сети. 32.Расчет параметров схемы замещения. 33.Реализация математической модели сложнозамкнутой электрической сети в программных пакетах Mathworks Matlab и National Instruments Multisim. 34.Особенности расчета токов и напряжений в сложнозамкнутой электрической цепи в векторной форме. 35.Анализ потерь активной мощности в сложнозамкнутой электрической сети **Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации** 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. **Примерные практические задания к зачёту:**

<table>
<tr><th>Код индикатора</th><th>Индикатор достижения компетенции</th><th>Оценочные средства</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>


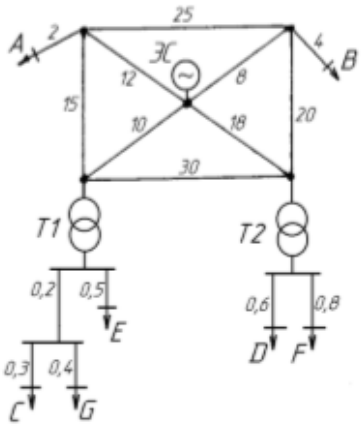
1. В математическом пакете MatLab с приложением Simulink составить имитационную модель сложнозамкнутой электрической сети. Электрические нагрузки представить источниками тока с фиксированными значениями амплитуды и фазы. Внешнюю питающую сеть представить источником ЭДС бесконечной мощности.
2. Провести 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: $S_A = 4 + j18$ MBA, $S_B = 22 + j13$ MBA, $S_C = 28 + j15$ MBA, $S_C = 31 + j17$ MBA.

<table>
<tr><th colspan="2">Номинальное напряжение, кВ</th><th colspan="2">Марка трансформаторов</th><th colspan="3">Эл.нагрузка узлов сети, MBA</th></tr>
<tr><th>ВН</th><th>НН</th><th>Т1</th><th>Т2</th><th>S_E</th><th>S_F</th><th>S_G</th></tr>
<tr><td>110</td><td>10</td><td>2 х ТДЦ - 40</td><td>-</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><th colspan="2">линии связи с энергосистемой</th><th>прочие ЛЭП</th><th>отходящие от трансформаторов</th><th colspan="3">прочие ЛЭП</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 х АС-500</td><td>2 х АС-240</td><td>10 х ААБ-240</td><td colspan="3">8 х ААБ-185</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		 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. 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: $S_A = 19 + j12$ MBA, $S_B = 35 + j25$ MBA, $S_C = 14 - j16$ MBA, $S_C = 25 + j10$ MBA.

Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл. нагрузка узлов сети, MBA		
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 АС-500	2 x АС-240	10 x ААБ-240	8 x ААБ-185

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		 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. 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: $S_A = 8 + j6$ MBA, $S_B = 18 + j22$ MBA, $S_C = 21 + j16$ MBA, $S_C = 54 + j20$ MBA.

Номинальное напряжение, кВ		Марка трансформаторов		Эл.нагрузка узлов сети, MBA		
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 АС-500	2 x АС-240	10 x ААБ-240	8 x ААБ-185

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Примеры рефератов: Основы работы в математическом пакете Mathworks Matlab (графический интерфейса 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). Основы работы в математическом пакете National Instruments Multisim (графический интерфейс программы; работа с основными блоками электрических элементов; оформление результатов математического моделирования) (по вариантам). **Примеры математических моделей для самостоятельного выполнения:** - 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 сложнозамкнутой электрической сети. Расчет параметров схемы замещения. - Реализация математической модели сложнозамкнутой электрической сети в программных пакетах Mathworks Matlab. Особенности расчета токов и напряжений в сложнозамкнутой электрической цепи в векторной форме. Анализ потерь активной мощности в сложнозамкнутой электрической сети. - Математические модели силовой части тиристорных преобразователей с 6-ти и 12-ти пульсными 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.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

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