

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор В.А. Шпенст

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Уровень высшего образования:	Специалитет
Специальность:	21.05.04 Горное дело
Направленность (профиль):	Электрификация и автоматизация горного производства
Квалификация выпускника:	горный инженер (специалист)
Форма обучения:	очная
Составитель:	Профессор Сычев Ю.А.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование электротехнических систем» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «21.05.04 Горное дело», утвержденного приказом Минобрнауки России № 987 от 12.08.2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «21.05.04 Горное дело» направленность (профиль) «Электрификация и автоматизация горного производства».

Составитель _____ д.т.н., профессор Сычев Ю.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроэнергетики и электромеханики от 22.01.2021 г., протокол № 12/01.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., проф. В.А. Шпенст

Рабочая программа согласована:

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования _____ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса _____ А.Ю. Романчиков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- изучение методов и принципов математического моделирования и расчета электротехнических комплексов и систем, включая линии электропередачи, силовые трансформаторы, вращающиеся электрические машины и реакторы.

Основные задачи дисциплины:

- изучение основных уравнений, описывающих электромагнитные процессы в линиях электропередачи;

- ознакомление с основными принципами расчета переходных и установившихся режимов в электрических сетях;

- изучение особенностей расчета и моделирования силовых трансформаторов и вращающихся электрических машин;

- ознакомление с основными схемами замещения линий электропередачи, силовых трансформаторов, вращающихся электрических машин и реакторов;

- изучение особенностей расчета статических характеристик электрической нагрузки;

- ознакомление с методами фазовых преобразований в системах управления электротехническими комплексами и системами;

- изучение методов расчета электрических сетей в относительных и именованных единицах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование электротехнических систем» относится к дисциплинам (модулям) по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.04 Горное дело», направленность (профиль) «Электрификация и автоматизация горного производства» и изучается в 9 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Математическое моделирование электротехнических систем» являются «Теоретические основы электротехники», «Материаловедение», «Электроснабжение горного производства», «Электрические машины», «Электрические и электронные аппараты».

Дисциплина «Математическое моделирование электротехнических систем» является основополагающей для выполнения выпускной квалификационной работы по итогам освоения образовательной программы.

Особенностью дисциплины является то, что она охватывает комплекс проблем, связанных с математическим моделированием и расчетом электротехнических систем.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование электротехнических систем» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен выполнять математическое моделирование в рамках выполнения проекта автоматизированных электротехнических комплексов и систем	ПКС-7.	ПКС-7.1. Знать: порядок расчета параметров автоматизированных электротехнических систем и систем ПКС-7.2. Уметь: разрабатывать математические и имитационные модели автоматизированных электротехнических систем и систем ПКС-7.3. Владеть: навыками математического моделиро-

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		вания автоматизированных элетротехнических систем и систем

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		9
Аудиторная работа, в том числе:	68	68
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)		
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	40	40
Подготовка к лекциям	<i>до 0,5 ч/лекцию</i>	7
Подготовка к лабораторным работам	<i>до 2 ч / работу</i>	
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	<i>до 2 / занятие; до 3 / семинар</i>	8
Выполнение курсовой работы / проекта	<i>до 20 / работу до 36 / проект</i>	
Расчетно-графическая работа (РГР)	<i>до 12 / задание</i>	
Реферат	<i>до 12 / реферат</i>	
Домашнее задание	<i>до 6 / задание</i>	
Подготовка к контрольной работе	<i>до 3 / работу</i>	
Подготовка к коллоквиуму	<i>до 3 / работу</i>	
Аналитический информационный поиск	<i>до 18 в рамках дисциплины</i>	5
Работа в библиотеке	<i>до 18 в рамках дисциплины</i>	5
Подготовка к зачету / дифф. зачету	<i>3×n, где n – количество разделов дисциплины</i>	15
Промежуточная аттестация	ДЗ	ДЗ
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. час.	108	108
зач. ед.	3	3

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовой проект
Раздел 1 «Математические модели линий электропередачи»	26	8	8		10
Раздел 2 «Математические модели трансформаторов»	26	8	8		10
Раздел 3 «Математические модели электрических машин»	26	8	8		10
Раздел 4 «Математические модели электрических нагрузок»	13	4	4		5
Раздел 5 «Методы расчета электротехнических систем»	17	6	6		5
Итого:	108	34	34		40

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Математические модели линий электропередачи	Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Классификация элементов системы электроснабжения, их моделей и методов расчета. Задачи моделирования. Линейные системы. Математические модели линий электропередачи (ЛЭП). ЛЭП с распределенными параметрами. Первичные и вторичные параметры ЛЭП. Волновые процессы в ЛЭП. Т- и П-образные схемы замещения. Каскадные схемы.	8
2	Математические модели трансформаторов	Первая и вторая модели трансформаторов. Двух и трехобмоточные трансформаторы. Схемы замещения в установившемся и переходном режимах.	8
3	Математические модели электрических машин	Модель элементарной электрической машины. Модель асинхронной машины. Модель синхронной машины. Уравнения Парка-Горева. Модель машины постоянного тока. Фазовые преобразования.	8
4	Математические модели электрических нагрузок	Модели нагрузки через заданные постоянные мощности, сопротивления, проводимости. Статические характеристики нагрузки.	4
5	Методы расчета электротехнических систем	Метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного генератора, метод наложения, метод симметричных составляющих, метод характеристик, метод кусочно-линейной аппроксимации, метод наименьших квадратов, метод Гаусса, метод Зейделя, метод простых итераций, метод переменных состояния. Расчеты в относительных и именованных единицах.	6
Итого:			34

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Определение первичных параметров двухпроводной ЛЭП. Расчет потенциальных коэффициентов. Расчет индуктивности двух и трехпроводной ЛЭП. Расчет потерь на корону в высоковольтных ЛЭП. Расчет вторичных параметров ЛЭП. Расчет параметров схем замещения ЛЭП.	8
2	Раздел 2	Расчет параметров схем замещения трансформаторов.	8
3	Раздел 3	Расчет тока подпитки асинхронного двигателя. Расчет рабочих характеристик синхронного двигателя.	8
4	Раздел 4	Расчет нагрузки для электрической сети горного и нефтегазового предприятия.	4
5	Раздел 5	Расчет системы электроснабжения предприятия.	6
Итого:			34

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Курсовая работа позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

Курсовое проектирование формирует навыки самостоятельного профессионального творчества.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Математические модели линий электропередачи

1. Приведите классификацию элементов системы электроснабжения, их моделей и методов расчета.
2. Перечислите основные задачи моделирования.
3. Какими уравнениями описываются математические модели линий электропередачи (ЛЭП)?
4. Перечислите первичные и вторичные параметры ЛЭП.
5. Чем характеризуются волновые процессы в ЛЭП?
6. Как определяются параметры Т- и П-образных схем замещения ЛЭП?

Раздел 2. Математические модели трансформаторов

1. Что является переменными состояниями в первой и второй моделях силовых трансформаторов?
2. В чем различие при моделировании двух и трехобмоточных трансформаторов?
3. Чем отличаются схемы замещения силовых трансформаторов в установившемся и переходном режимах?
4. С какой целью используются фазовые преобразования при моделировании силовых трансформаторов?
5. Как определяются паспортные параметры силовых трансформаторов?

Раздел 3. Математические модели электрических машин

1. Как составляется математическая модель элементарной электрической машины?
2. Какими уравнениями описывается математическая модель асинхронной машины?
3. Какими уравнениями описывается математическая модель синхронной машины?
4. Какие параметры приводятся в уравнениях Парка-Горева?
5. Какими уравнениями описывается математическая модель машины постоянного тока?
6. С какой целью используются фазовые преобразования при моделировании электрических машин?

Раздел 4. Математические модели электрических нагрузок

1. Как моделируется электрическая нагрузка через заданные постоянные мощности, сопротивления, проводимости?
2. Что представляют собой статические характеристики нагрузки?
3. Как определяется активная, реактивная и полная мощности нагрузки?
4. Перечислите основные методы расчета электрических нагрузок.
5. Перечислите схемы замещения электрических нагрузок.

Раздел 5. Методы расчета электротехнических систем

1. Опишите области применения метода контурных токов, метода узловых потенциалов, метода эквивалентного генератора, метода наложения?
2. В каких случаях используется метод симметричных составляющих и метод характеристик?
3. В чем особенности метода кусочно-линейной аппроксимации, метода наименьших квадратов, метода Гаусса, метода Зейделя?
4. В чем особенности метода простых итераций и метода переменных состояний?
5. С какой целью используются расчеты в относительных и именованных единицах?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифференцированному зачету (по дисциплине):

Раздел 1. Математические модели линий электропередачи

1. Как называются уравнения, образующие математическую модель ЛЭП?
2. Какие параметры ЛЭП присутствуют в телеграфных уравнениях?
3. В чем принципиальное отличие первичных и вторичных параметров ЛЭП?
4. Каким образом определяются первичные параметры ЛЭП?

5. Каким образом определяются вторичные параметры ЛЭП?
6. В чем состоит опыт холостого хода при определении первичных параметров ЛЭП?
7. Что такое частичные емкости ЛЭП?
8. Какой метод используется для определения частичных емкостей ЛЭП?
9. Как меняется вид телеграфных уравнений ЛЭП с учетом частичных емкостей?
10. Каким элементом можно представить ЛЭП в синусоидальном режиме для схем замещения?
11. Какие виды волн возникают при электромагнитных процессах в ЛЭП при синусоидальном режиме?
12. Чем отличаются друг от друга падающая и отраженная волны в ЛЭП?
13. Каково максимальное значение фазовой скорости?
14. Каким образом определяется волновое сопротивление ЛЭП?
15. Перечислите основные схемы замещения ЛЭП.
16. Какими пассивными элементами моделируется ЛЭП при составлении схем замещения?
17. Каким методом необходимо пользоваться при исследовании несинусоидальных режимов или физическом моделировании ЛЭП?
18. Дайте определение натуральной мощности ЛЭП.

Раздел 2. Математические модели трансформаторов

1. Какие существуют модели трансформаторов, какие параметры в них участвуют?
2. Какая связь существует между обмотками трансформаторов, каким образом она представлена в схемах замещения?
3. Что такое коэффициент трансформации силового трансформатора?
4. Как определяются параметры схем замещения трансформаторов?
5. Какими пассивными элементами представляется трансформатор при упрощенной схеме замещения?
6. От каких явлений зависит величина потерь в стали для трансформаторов?
7. Из каких опытов определяются параметры схемы замещения для трехобмоточного трансформатора?
8. С помощью каких симметричных составляющих осуществляется моделирование трехобмоточного трансформатора?
9. В какой модели силовых трансформаторов переменными состояниями являются токи?
10. В какой модели силовых трансформаторов переменными состояниями являются потокосцепления?
11. В каких случаях целесообразно применение первой модели силовых трансформаторов?
12. В каких случаях целесообразно применение второй модели силовых трансформаторов?

Раздел 3. Математические модели электрических машин

1. Какие параметры присутствуют в уравнениях электрической машины?
2. Чем определяется величина активной мощности электрической машины?
3. Чем определяется величина электромагнитного момента электрической машины?
4. В каких системах координат осуществляется математическое моделирование асинхронной машины?
5. Каким образом происходит упрощение схемы замещения асинхронной машины?
6. Чем определяется выбор той или иной системы координат при моделировании асинхронной машины?
7. В какой системе координат записываются уравнения синхронной машины?
8. Как называется основная характеристика синхронной машины?
9. Как называются основные уравнения, описывающие режим работы синхронной машины?
10. Какие параметры входят в уравнения статорной и роторной цепи машины постоянного тока?
11. При каких условиях уравнения машины постоянного тока превращаются в уравнения трансформатора?

Раздел 4. Математические модели электрических нагрузок

1. Какими параметрами определяются статические характеристики нагрузки?
2. Каким образом составляются динамические модели нагрузки?
3. Какие допущения используются при математическом моделировании электрических нагрузок?
4. Какими уравнениями описываются статические характеристики нагрузки?
5. Как зависит активная мощность нагрузки от приложенного напряжения?
6. Как зависит реактивная мощность нагрузки от приложенного напряжения?

Раздел 5. Методы расчета электротехнических систем

1. Какие методы используются при расчете установившихся режимов электрических цепей?
2. Какие методы используются при расчете установившихся режимов нелинейных электрических цепей?
3. Какие методы используются при расчете динамических режимов электрических цепей?
4. В чем заключаются достоинства и недостатки метода контурных токов при расчете режимов электрических цепей?
5. В чем заключаются достоинства и недостатки метода узловых потенциалов при расчете режимов электрических цепей?

6.2.2. Примерные тестовые задания к дифф.зачету

Вариант 1.

1.	Математическую модель ЛЭП описывают:	1. линейные уравнения; 2. телеграфные уравнения; 3. кубические уравнения; 4. нелинейные уравнения.
2.	Математическая модель это:	1. совокупность уравнений, неравенств и ограничений; 2. совокупность уравнений; 3. совокупность неравенств; 4. совокупность ограничений.
3.	Первичными продольными параметрами ЛЭП являются:	1. емкость; 2. активная проводимость; 3. активное сопротивление и индуктивность; 4. длина ЛЭП.
4.	Первичными поперечными параметрами ЛЭП являются:	1. активная проводимость и емкость; 2. класс напряжения ЛЭП; 3. активное сопротивление и индуктивность; 4. длина ЛЭП.
5.	На какой параметр ЛЭП влияет наличие грозозащитного троса:	1. на индуктивность; 2. на емкость; 3. на активное сопротивление; 4. на проводимость.
6.	Какую функцию выполняет грозозащитный трос?	1. защита от коронного разряда; 2. защита от грозовых перенапряжений; 3. защита от коммутационных перенапряжений; 4. защита от воздействия электромагнитных полей.
7.	Расщепление проводов ЛЭП позволяет:	1. снизить сопротивление 2. повысить сопротивление 3. снизить потери на корону 4. увеличить потери на корону
8.	Транспозицию проводов ЛЭП используют для:	1. выравнивания индуктивного сопротивления 2. выравнивания активного сопротивления

		3.ограничения сопротивлений 4.ограничения потерь мощности
9.	В первой модели силовых трансформаторов переменными состояниями являются:	1.потокосцепления; 2.токи; 3.магнитные потоки; 4.число витков.
10.	Во второй модели силовых трансформаторов переменными состояниями являются:	1.потокосцепления; 2.токи; 3.магнитные потоки; 4.число витков.
11.	Опыт холостого хода двухобмоточного трансформатора заключается в:	1. замыкании накоротко первичной обмотки 2. замыкании накоротко вторичной обмотки 3.размыкании первичной обмотки 4. размыкании вторичной обмотки
12.	Опыт короткого замыкания двухобмоточного трансформатора заключается в:	1. замыкании накоротко первичной обмотки 2. замыкании накоротко вторичной обмотки 3.размыкании первичной обмотки 4. размыкании вторичной обмотки
13.	Т и П схемы замещения силового трансформатора представляют собой частный случай:	1. двухполюсника 2. четырехполюсника 3. многополюсника 4. схемы соединений обмоток
14.	У трехобмоточного трансформатора	1. один коэффициент трансформации 2. три коэффициента трансформации 3. два коэффициента трансформации 4. четыре коэффициента трансформации
15.	Система координат $\alpha\beta$ является	1. неподвижной 2. вращающейся 3. вращающейся с частотой вращения ротора 4. вращающейся с частотой вращения поля статора
16.	Система координат dq является	1. неподвижной 2. вращающейся 3. вращающейся с частотой вращения ротора 4. вращающейся с частотой вращения поля статора
17.	Система координат uv является	1. неподвижной 2. вращающейся 3. вращающейся с частотой вращения ротора 4. вращающейся с частотой вращения поля статора
18.	Уравнения Парка-Горева описывают	1. математическую модель асинхронной машины 2. математическую модель синхронной машины 3. математическую модель машины постоянного тока 4. математическую модель вентильно-индукторной машины
19.	Статические характеристики нагрузки устанавливают связь между	1. Током и напряжением нагрузки 2. Напряжением и частотой тока нагрузки 3. Активной, реактивной мощностью и напряжением

		4. Активной, реактивной мощностью и током
20.	Статические характеристики нагрузки лучше всего аппроксимируются	1. Рядами Фурье 2. Рядами Тейлора и Маклорена 3. Гиперболическими кривыми 4. Кубическими полиномами

Вариант 2.

1.	Телеграфные уравнения являются	1. математической моделью силовых трансформаторов; 2. математической моделью ЛЭП; 3. математической моделью асинхронной машины; 4. математической моделью реактора.
2.	Телеграфные уравнения однофазной и трехфазной ЛЭП отличаются друг от друга:	1. коэффициентами; 2. переменными; 3. ограничениями; 4. совокупностью ограничений.
3.	Активное сопротивление и индуктивность являются:	1. первичными поперечными параметрами ЛЭП; 2. вторичными продольными параметрами ЛЭП; 3. вторичными поперечными параметрами ЛЭП; 4. первичными продольными параметрами ЛЭП.
4.	Емкость и активная проводимость являются:	1. первичными поперечными параметрами ЛЭП; 2. вторичными продольными параметрами ЛЭП; 3. вторичными поперечными параметрами ЛЭП; 4. первичными продольными параметрами ЛЭП.
5.	Фазовая скорость является:	1. первичным поперечным параметром ЛЭП; 2. вторичным параметром ЛЭП; 3. вторичным поперечным параметром ЛЭП; 4. первичным продольным параметром ЛЭП.
6.	Длина волны является:	1. первичным поперечным параметром ЛЭП; 2. вторичным параметром ЛЭП; 3. вторичным поперечным параметром ЛЭП; 4. первичным продольным параметром ЛЭП.
7.	Коэффициент распространения волны является:	1. первичным поперечным параметром ЛЭП; 2. вторичным параметром ЛЭП; 3. вторичным поперечным параметром ЛЭП; 4. первичным продольным параметром ЛЭП.
8.	Волновое сопротивление является:	1. первичным поперечным параметром ЛЭП; 2. вторичным параметром ЛЭП; 3. вторичным поперечным параметром ЛЭП; 4. первичным продольным параметром ЛЭП.
9.	Для симметричного четырехполюсника справедливо следующее:	1. $A=B$; 2. $B=C$;

		3. $A=D$; 4. $D=C$.
10.	Для любого четырехполюсника справедливо следующее:	1. $AD-BC=1$; 2. $AD+BC=1$; 3. $AC-BD=1$; 4. $AC+BD=1$.
11.	При опыте холостого хода двухобмоточного трансформатора	1. напряжение первичной обмотки равно нулю 2. напряжение вторичной обмотки равно нулю 3. ток первичной обмотки равен нулю 4. ток вторичной обмотки резко повышается
12.	При опыте короткого замыкания двухобмоточного трансформатора	1. напряжение первичной обмотки равно нулю 2. напряжение вторичной обмотки равно нулю 3. ток первичной обмотки равен нулю 4. ток вторичной обмотки резко повышается
13.	Длина волны для воздушных линий электропередачи составляет:	1. 10 км 2. 100 км 3. 6000 км 4. 10000 км
14.	Длина волны для кабельных линий электропередачи составляет:	1. 10 км 2. 100 км 3. 6000 км 4. 3000 км
15.	Фазовая скорость для кабельных линий электропередачи составляет:	1. $1,5 \cdot 10^5$ км/с 2. $3 \cdot 10^5$ км/с 3. $2 \cdot 10^5$ км/с 4. $4 \cdot 10^5$ км/с
16.	В режиме перевозбуждения синхронная машина с точки зрения схемы замещения эквивалентуруется	1. индуктивностью 2. емкостью 3. активным сопротивлением 4. активной проводимостью
17.	В режиме недовозбуждения синхронная машина с точки зрения схемы замещения эквивалентуруется	1. индуктивностью 2. емкостью 3. активным сопротивлением 4. активной проводимостью
18.	Натуральная мощность ЛЭП это:	1. мощность, передаваемая в максимальном режиме 2. мощность, передаваемая в минимальном режиме 3. мощность, передаваемая в согласованном режиме 4. мощность, передаваемая в несогласованном режиме
19.	Согласованный режим ЛЭП наступает при	1. равенстве волнового сопротивления сопротивлению подключенной нагрузки 2. индуктивном характере волнового сопротивления 3. при волновом сопротивлении, близком к нулю 4. емкостном характере волнового сопротивления
20.	Расчет в относительных единицах позволяет	1. упростить вычисление сопротивлений 2. упростить вычисление проводимостей

		3. упростить расчет на разных ступенях напряжения 4. сократить количество схем замещения
--	--	---

Вариант 3.

1.	Граф это:	1. метод описания математических уравнений 2. структурная схема математической модели 3. приближенное описание какого-либо класса явлений или объектов реального мира на языке математики 4. математический объект, представляющий собой некоторое множество точек (вершин) на плоскости или в пространстве, некоторые из которых соединены линиями (ребрами)
2.	К эмпирическим методам исследования относятся:	1. наблюдение, эксперимент, измерение; 2. анализ, синтез, аналогия, моделирование; 3. абстрагирование, идеализация, формализация, индукция, дедукция; 4. имитационное моделирование.
3.	К общим методам исследования относятся:	1. наблюдение, эксперимент, измерение; 2. анализ, синтез, аналогия, моделирование; 3. абстрагирование, идеализация, формализация, индукция, дедукция; 4. имитационное моделирование.
4.	К теоретическим методам исследования относятся:	1. наблюдение, эксперимент, измерение; 2. анализ, синтез, аналогия, моделирование; 3. абстрагирование, идеализация, формализация, индукция, дедукция; 4. имитационное моделирование.
5.	Проверка адекватности модели заключается в:	1. упрощении модели 2. усложнении модели 3. выяснении, согласуются ли результаты эксперимента с теоретическими следствиями из модели в пределах определенной точности 4. верификации модели
6.	Основной недостаток аксиоматического метода состоит в	1. том, что он лишь формирует утверждение о существовании модели и не определяет пути реализации 2. высокой абсолютной погрешности 3. высокой относительной погрешности 4. недостаточной адекватности результатов
7.	Конструктивный метод заключается в:	1. усовершенствовании модели 2. утверждении о существовании модели с возможностью её построения 3. упрощении модели 4. линеаризации модели
8.	Любая математическая модель может возникнуть в результате:	1. анализа теорем 2. анализа аксиом 3. анализа гипотезы 4. изучения и обобщения экспериментального материала

9.	Любая математическая модель может возникнуть в результате:	<ol style="list-style-type: none"> 1. анализа теорем 2. анализа аксиом 3. анализа гипотезы 4. изучения частных моделей и их обобщения методом индукции
10.	Любая математическая модель может возникнуть в результате:	<ol style="list-style-type: none"> 1. анализа теорем 2. анализа аксиом 3. анализа гипотезы 4. применения процесса дедукции, в результате которого модель получается как частный случай из некоторой более общей модели
11.	Аналогия заключается в	<ol style="list-style-type: none"> 1. представлении о каком-либо общем сходстве двух объектов; 2. представлении о каком-либо частном сходстве двух объектов; 3. представлении о каком-либо незначительном сходстве двух объектов; 4. представлении о каком-либо полном сходстве двух объектов.
12.	Эквивалентная емкость ЛЭП определяется методом	<ol style="list-style-type: none"> 1. зеркальных изображений 2. симметричных составляющих 3. эквивалентного генератора 4. наложения
13.	Матрица потенциальных коэффициентов является:	<ol style="list-style-type: none"> 1. идеальной 2. вырожденной 3. несимметричной 4. симметричной
14.	Волновое сопротивление для воздушных ЛЭП находится в пределах	<ol style="list-style-type: none"> 1. от 4 до 8 Ом 2. от 400 до 800 Ом 3. от 40 до 80 Ом 4. от 4000 до 8000 Ом
15.	Волновое сопротивление для кабельных ЛЭП находится в пределах	<ol style="list-style-type: none"> 1. от 4 до 8 Ом 2. от 400 до 800 Ом 3. от 40 до 80 Ом 4. от 4000 до 8000 Ом
16.	Согласованный режим ЛЭП наступает при следующем условии:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $Z_B = Z_H = Z_2$ 2. $Z_B > Z_H > Z_2$ 3. $Z_B < Z_H < Z_2$ 4. $Z_B < Z_H > Z_2$
17.	В основе математических моделей силовых трансформаторов лежат	<ol style="list-style-type: none"> 1. цепи с распределенными параметрами; 2. контуры с магнитной связью; 3. волновые процессы; 4. телеграфные уравнения.
18.	Схема замещения силового трансформатора упрощается до одного индуктивного сопротивления в случае:	<ol style="list-style-type: none"> 1. при мощности трансформатора до 100 кВА; 2. при мощности трансформатора до 1000 кВА; 3. при мощности трансформатора до 10000 кВА; 4. при мощности трансформатора до 10 кВА.
19.	По характеру отраженной волны воздушной ЛЭП можно судить о	<ol style="list-style-type: none"> 1. длине ЛЭП; 2. величине волнового сопротивления; 3. характере подключенной нагрузки в конце

		ЛЭП; 4. величине питающего напряжения.
20.	Для моделирования и расчета несимметричных режимов силовых трансформаторов используются	1. фазовые преобразования; 2. операторные преобразования; 3. преобразования Фурье; 4. упрощенные схемы замещения.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифф. зачет)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Сычев Ю.А., Бельский А.А. Математическое моделирование электротехнических систем. СПб, «ЛЕМА», 2016. – 190 с.
2. Введение в математическое моделирование: учебное пособие / под ред. П.В. Трусова. - Москва: Логос, 2004. - 439 с. - ISBN 5-94010-272-7; То же [Электронный ресурс]. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84691>.
3. Берестова, С. А. Математическое моделирование в инженерии : учебник / С. А. Берестова, Н. Е. Мисюра, Е. А. Митюшов. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 244 с. — ISBN 978-5-7996-2499-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170101> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю. Н. Алпатов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 136 с. — ISBN 978-5-8114-3052-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212936> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец. - 3-е изд., стереотип. - Москва: Флинта, 2016. - 271 с.: схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9765-1278-8. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344>.

2. Лыкин, А.В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учебное пособие / А.В. Лыкин. - 3-е изд. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 227 с. - ISBN 978-5-7782-2262-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228767>.

3. Нагаева, И. А. Основы математического моделирования и численные методы : учебное пособие для вузов / И. А. Нагаева, И. А. Кузнецов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-9462-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/233252> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Математические модели и расчет электротехнических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б. Н. Абрамович, П. М. Каменев, Ю. А. Сычев. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 95 с. - Б. ц.

Электронный ресурс:

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D533584<.>

2. Сычев, Ю. А. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. А. Сычев. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 63 с. - Б. ц.

Электронный ресурс:

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D932832<.>

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/
11. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

14. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»
<https://e.lanbook.com/books>.
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»».
<http://rucont.ru/>
17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>
18. Scimago Journal Rank (SJR) – научно-аналитическая платформа, которая позволяет про-анализировать действующие издания на предмет авторитетности, востребованности и цитируемо-сти как отдельных авторов и их работ, так в и журналов в целом
<https://www.scimagojr.com/>
19. EThOS – диссертации университетов Британии (более 400 тыс.) в открытом доступе для всех зарегистрированных пользователей. Можно также за сравнительно небольшие деньги заказать оцифровку необходимой диссертации, которая после этого будет выложена в открытый доступ <http://ethos.bl.uk/>
20. Thesesfr. Содержит: диссертации, защищённые в университетах Франции.
<http://www.theses.fr/>
21. CiNii Dissertations. Содержит: диссертации на докторскую степень университетов и ин-титуты Японии, библиографическую информацию по диссертациям.<http://ci.nii.ac.jp/d/en/>
22. Диссертации университетов Канады (70 университетов):
<http://amicus.collectionscanada.ca/s4-bi...>
23. Диссертации университета Гранады (6 тыс.): <http://digibug.ugr.es/handle/10481/191>
24. Подборка диссертаций Луизианского университета:
<http://sites01.lsu.edu/wp/graduateschool...>
25. Диссертации университетов Мексики <http://www.bidi.uson.mx/tesis.aspx>
26. Диссертации Университета Буэнос-Айреса (1395 pdf): <http://digital.bl.fcen.uba.ar/gsd-282/cgi-...>
27. OATD (Open Access Theses and Dissertations) Содержит: диссертации, дипломные рабо-ты выпускников более 1 тыс. исследовательских институтов, университетов и колледжей.
<http://oatd.org/>
28. DART-Europe. Содержит: диссертации из библиотек Европы. <http://www.dart-europe.eu/basic-search...>
29. Dialnet. Содержит: сгруппированные по университетам диссертации, научные статьи учёных из ведущих университетов Испании. <http://dialnet.unirioja.es/>
30. Диссертации университета Тулузы: <http://thesesups.ups-tlse.fr/>
31. NDLTD (The Networked Digital Library of Theses and Dissertations). Метапоисковая система. Обеспечивает поиск полнотекстовых диссертаций открытого доступа или сведений о диссертациях ограниченного доступа среди 4 млн документов. <http://search.ndltd.org>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории, используемые при проведении лекционных и практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель лабораторная:

69 посадочных мест, стул – 70 шт., стол – 21 шт., доска маркерная – 2 шт.

Компьютерная техника:

принтер Xerox Phaser 4600DN - 1 шт., Блок системный RAMEC GALE AL с монитором BenQ GL2450 (тип 1) – 15 шт. (возможность подключения к сети «Интернет»).

Оборудование и приборы:

Стенд «Электрические аппараты систем электроснабжения», стенд «Сети с изолированной нейтралью», стенд «Сети с заземленной нейтралью», компенсатор реактивной мощности, стенд

«Дифференциальное реле», стенд «Источник эл. питания ауд. 7126-7132», стенд «Линия электропередачи», комплект типового лабораторного оборудования «Теория эл цепей» ТЭЦОЭ1-С-К.

8.2. Помещения для самостоятельной работы :

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» , Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» , Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 ,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 .

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 .

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766N1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на

колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)

4. Statistica for Windows (ГК №1142912/09 от 04.12.2009 «На поставку программного обеспечения»).

5. LabView Professional (ГК №1142912/09 от 04.12.2009 «На поставку программного обеспечения»).

6. MathCad Education (Договор №1134-11/12 от 28.11.2012 «На поставку программного обеспечения», Договор №1135-11/12 от 28.11.2012 «На поставку программного обеспечения»).