

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

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Уровень высшего образования: Магистратура

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Системы электроснабжения

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

Составитель: доц. Ю.А.Сычев

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование систем электроснабжения» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 147 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Системы электроснабжения».

Составитель _____ к.т.н., доц. Ю.А.Сычев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроэнергетики и электромеханики от 30.01.2023 г., протокол № 09/03.

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доц. С.В. Бабурин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- подготовка специалиста, владеющего методами математического моделирования элементов систем электроснабжения;
- обучение современным технологиям имитационного моделирования элементов систем электроснабжения промышленных предприятий.

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 «Компьютерное моделирование систем электроснабжения» является факультативной дисциплиной основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Системы электроснабжения» и изучается в 3 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Компьютерное моделирование систем электроснабжения» являются «Дополнительные главы математики», «Интеллектуальные сети систем электроснабжения», «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», «Современное оборудование систем электроснабжения», «Компьютерные, сетевые и информационные технологии».

Дисциплина «Компьютерное моделирование систем электроснабжения» является основополагающей для подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы.

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

Процесс изучения дисциплины «Компьютерное моделирование систем электроснабжения» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен планировать и ставить задачи исследования, самостоятельно выполнять исследования	ПКС-1	ПКС-1.1. Анализирует состояние и динамику показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований. ПКС-1.2. Создает математические модели объектов профессиональной деятельности.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	18	18
Лекции (Л)		
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	18	18
Выполнение курсовой работы (проекта)		
Расчетно-графическая работа (РГР)		
Реферат		
Подготовка к практическим занятиям		
Подготовка к лабораторным занятиям	18	18
Подготовка к зачету / дифф. зачету		
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3	3
Общая трудоёмкость дисциплины		
ак. час.	1	1
зач. ед.	36	36

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы 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 курсовая работа (проект)
Раздел 1. Математические модели линий электропередачи	12	-	-	6	6
Раздел 2. Математические модели трансформаторов	12	-	-	6	6
Раздел 3. Математические модели электрических нагрузок	12	-	-	6	6
Итого:	36	-	-	18	18

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

Лекционные занятия не предусмотрены.

4.2.3. Практические занятия

Практические занятия не предусмотрены.

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Определение первичных и вторичных параметров ЛЭП. Определение параметров схем замещения ЛЭП.	6
2	Раздел 2	Определение параметров схем замещения трансформаторов.	6
3	Раздел 3	Моделирование электрических нагрузок. Расчет нагрузок.	6
Итого:			18

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

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

Консультации (текущая консультация, накануне зачета) 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.

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 лабораторных занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

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. Классификация элементов системы электроснабжения, их моделей и методов расчета.
2. Задачи моделирования.
3. Математические модели линий электропередачи (ЛЭП).
4. Первичные и вторичные параметры ЛЭП.
5. Волновые процессы в ЛЭП.
6. Т- и П-образные схемы замещения.

Раздел 2. Математические модели трансформаторов

1. Первая и вторая модели трансформаторов.
2. Двух и трехобмоточные трансформаторы.
3. Схемы замещения в установившемся и переходном режимах.
4. Фазовые преобразования при моделировании трансформаторов.
5. Паспортные параметры трансформаторов.

Раздел 3. Математические модели электрических нагрузок

1. Модели нагрузки через заданные постоянные мощности, сопротивления, проводимости.
2. Статические характеристики нагрузки.

3. Активная, реактивная и полная мощности нагрузки.
4. Методы расчета электрических нагрузок.
5. Схемы замещения электрических нагрузок.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)

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

1. Что такое частичные емкости ЛЭП?
2. Какой метод используется для определения частичных емкостей ЛЭП?
3. Как меняется вид телеграфных уравнений ЛЭП с учетом частичных емкостей?
4. Каким элементом можно представить ЛЭП в синусоидальном режиме для схем замещения?
5. Какие виды волн возникают при электромагнитных процессах в ЛЭП при синусоидальном режиме?
6. Чем отличаются друг от друга падающая и отраженная волны в ЛЭП?
7. Перечислите основные вторичные параметры ЛЭП, как они определяются?
8. Каково максимальное значение фазовой скорости?
9. Каким образом определяется волновое сопротивление ЛЭП?
10. Перечислите основные схемы замещения ЛЭП
11. Какими пассивными элементами моделируется ЛЭП при составлении схем замещения?
12. Каким методом необходимо пользоваться при исследовании несинусоидальных режимов или физическом моделировании ЛЭП?
13. Дайте определение натуральной мощности
14. Какие существуют модели трансформаторов, какие параметры в них участвуют?
15. Какая связь существует между обмотками трансформаторов, каким образом она представлена в схемах замещения?
16. Что такое коэффициент трансформации силового трансформатора?
17. Как определяются параметры схем замещения трансформаторов?
18. Какими пассивными элементами представляется трансформатор при упрощенной схеме замещения?
19. От каких явлений зависит величина потерь в стали для трансформаторов?
20. Из каких опытов определяются параметры схемы замещения для трехобмоточного трансформатора?
21. С помощью каких симметричных составляющих осуществляется моделирование трехобмоточного трансформатора?
22. Какие параметры присутствуют в уравнениях электрической машины?
23. Чем определяется величина активной мощности электрической машины?
24. Чем определяется величина электромагнитного момента электрической машины?
25. В каких системах координат осуществляется математическое моделирование асинхронной машины?
26. Каким образом происходит упрощение схемы замещения асинхронной машины?
27. Чем определяется выбор той или иной системы координат при моделировании асинхронной машины?
28. В какой системе координат записываются уравнения синхронной машины?
29. Как называется основная характеристика синхронной машины?
30. Как называются основные уравнения, описывающие режим работы синхронной машины?
31. Какие параметры входят в уравнения статорной и роторной цепи машины постоянного тока?
32. При каких условиях уравнения машины постоянного тока превращаются в уравнения трансформатора?
33. Какими параметрами определяются статические характеристики нагрузки?
34. Каким образом составляются динамические модели нагрузки?
35. Какие методы используются при расчете установившихся режимов электрических цепей?

36. Какие методы используются при расчете установившихся режимов нелинейных электрических цепей?

37. Какие методы используются при расчете динамических режимов электрических цепей?

6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

Вариант 1.

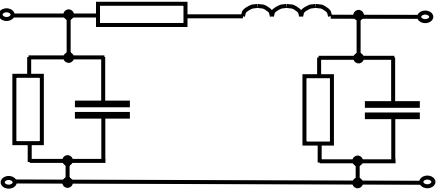
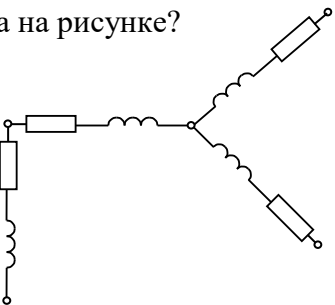
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Установленной мощностью называется	<p>1. Потребляемая мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции в часы минимума нагрузки.</p> <p>2. Номинальная мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции, за исключением резервных и работающих только в ремонтную смену.</p> <p>3. Потребляемая мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции в часы максимума нагрузки.</p> <p>4. Номинальная мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции.</p>
2.	Присоединенной мощностью называется	<p>1. Мощность, потребляемая приемниками при работе с минимальной нагрузкой.</p> <p>2. Мощность, потребляемая приемниками при работе с максимальной нагрузкой.</p> <p>3. Мощность, потребляемая приемниками при работе с номинальной нагрузкой.</p> <p>4. Мощность, потребляемая приемниками 1-ой и 2-ой категорий с учетом обеспечения резервного питания.</p>
3.	Коэффициент спроса учитывает	<p>1. Степень обеспечения равномерности загрузки электроприемников.</p> <p>2. Степень загрузки и одновременности работы потребителей.</p> <p>3. Степень обеспечения возможной перегрузки электроприемников.</p> <p>4. Степень заполнения суточного графика потребления активной мощности.</p>
4.	Чему равен коэффициент формы графика нагрузки забоев с узкозахватными комбайнами?	<p>1. 0,5.</p> <p>2. 1,03.</p> <p>3. 2,05.</p> <p>4. 3,01.</p>
5.	Коэффициент максимума графика активной нагрузки предприятия	<p>1. $K_M = 10$.</p> <p>2. $K_M = 0,6$.</p> <p>3. $K_M = 0,8$.</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. $K_M = 1 \div 3$.
6.	Коэффициент спроса определяется по формуле, где P_n – номинальная мощность электроприемника; P_{max} – максимальная мощность; $T_{и.а}$ – число часов использования максимума активной нагрузки; K_ϕ – коэффициент формы; K_M – коэффициент максимума.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $K_c = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 2. $K_c = P_{max} \cdot T_{и.а}$. 3. $K_c = K_\phi \cdot K_M$. 4. $K_c = \sum_{k=1}^n P_{н.к} / P_{max}$.
7.	Коэффициент использования активной мощности определяется по формуле, где P_d – среднеквадратичная мощность; P_{cp} – средняя мощность; P_n – номинальная мощность электроприемника; P_{max} – максимальная мощность; $T_{и.а}$ – число часов использования максимума активной нагрузки.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $K_{и.а} = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 2. $K_{и.а} = P_{max} \cdot T_{и.с}$. 3. $K_{и.а} = P_{cp} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 4. $K_{и.а} = \sum_{k=1}^n P_{н.к} / P_{max}$.
8.	Коэффициент формы графика активной нагрузки определяется по формуле, где P_d – среднеквадратичная мощность; P_{cp} – средняя мощность; P_n – номинальная мощность электроприемника; P_{max} – максимальная мощность; $T_{и.а}$ – число часов использования максимума активной нагрузки.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $K_{\phi.а} = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 2. $K_{\phi.а} = P_{max} \cdot T_{и.а}$. 3. $K_{\phi.а} = P_{cp} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 4. $K_{\phi.а} = P_d / P_{cp}$.
9.	Коэффициент заполнения графика активной нагрузки определяется по формуле, где P_d – среднеквадратичная мощность; P_{cp} – средняя мощность; P_n – номинальная мощность электроприемника; P_{max} – максимальная мощность; $T_{и.а}$ – число часов использования максимума активной нагрузки.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $K_{з.а} = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 2. $K_{з.а} = P_{max} \cdot T_{и.а}$. 3. $K_{з.а} = P_{cp} / P_{max}$. 4. $K_{з.а} = P_d / P_{cp}$.
10.	Число часов использования максимума активной нагрузки в сутки определяется по формуле, где	<ol style="list-style-type: none"> 1. $T_{и.а} = 24 \cdot P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}$. 2. $T_{и.а} = 24 \cdot P_{max} \cdot T_{и.а}$. 3. $T_{и.а} = 24 \cdot P_{cp} / P_{max}$. 4. $T_{и.а} = 24 \cdot P_d / P_{cp}$.
11.	Коэффициентом формы графика нагрузки называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Произведение эффективного (среднего квадратического) тока на коэффициент максимума активной мощности. 2. Произведение коэффициента спроса на средневзвешенных коэффициент мощности потребителя электроэнергии. 3. Отношение коэффициента мощности

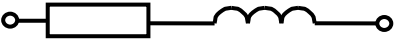

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		<p>потребителя электроэнергии на среднее значение мощности.</p> <p>4. Отношение эффективного (среднего квадратического) тока или полной мощности приемника определенный период времени к их среднему значению за этот же период.</p>
12.	<p>Расчетная нагрузка при использовании статистического метода определяется по формуле, где P_d – среднеквадратичная мощность; P_{cp} – средняя мощность; k_ϕ – коэффициент формы; Z – параметр, характеризующий вероятность превышения случайной величины.</p>	<ol style="list-style-type: none"> $P_p = P_d \cdot (1 + Z \cdot \sqrt{k_\phi^2 - 1})$. $P_p = P_c \cdot (1 + Z \cdot \sqrt{k_\phi^2 - 1})$. $P_p = P_c \cdot (1 - Z \cdot \sqrt{k_\phi^2 - 1})$. $P_p = P_{max} \cdot (1 + Z \sqrt{1 - k_\phi^2})$.
13.	<p>Расчетной электрической нагрузкой называется</p>	<ol style="list-style-type: none"> средняя нагрузка за сутки среднеквадратичная нагрузка за 30 мин. максимальная из средних нагрузок с временем осреднения 30 мин. за весь период эксплуатации электрооборудования. максимальная средняя нагрузка с периодом осреднения 10 мин.
14.	<p>Для выбора номинальной мощности трансформаторной подстанции используется следующий тип электрической нагрузки</p>	<ol style="list-style-type: none"> Номинальные электрические нагрузки. Максимальные электрические нагрузки. Полные электрические нагрузки. Расчетные электрические нагрузки.
15.	<p>Что такое график электрической нагрузки?</p>	<ol style="list-style-type: none"> Зависимость тока от времени. Зависимость напряжения от времени. Зависимость активной или реактивной мощности от времени. Зависимость сопротивления от времени.
16.	<p>Реактивная мощность измеряется в</p>	<ol style="list-style-type: none"> кВт. кВ·А. квар. кВт·ч.
17.	<p>Расчетная активная мощность измеряется в</p>	<ol style="list-style-type: none"> кВт. кВ·А. квар. кВт·ч.
18.	<p>Расчетная реактивная мощность измеряется в</p>	<ol style="list-style-type: none"> кВт. кВ·А. квар. кВт·ч.
19.	<p>Полная мощность измеряется в</p>	<ol style="list-style-type: none"> кВт.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. кВ·А. 3. квар. 4. кВт·ч.
20.	Активная мощность измеряется в	1. кВт. 2. кВ·А. 3. квар. 4. кВт·ч.

Вариант 2.

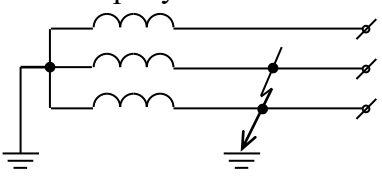
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	<p>Схема замещения какого элемента показана на рисунке?</p> 	<p>1. Источник питания выше 1 кВ. 2. Синхронный двигатель. 3. Реактор. 4. Линия электропередач.</p>
2.	<p>Постоянная времени нагрева проводов, кабелей и электрических аппаратов равна величине</p>	<p>1. $\tau_n = 1$ мин. 2. $\tau_n \leq 10$ мин. 3. $\tau_n \leq 30$ мин. 4. $\tau_n = 1$ час.</p>
3.	<p>Какого режима работы СЭС не существует?</p>	<p>1. Нормальные установившиеся режимы. 2. Нормальные переходные режимы. 3. Аварийные переходные режимы. 4. Аварийные динамические режимы.</p>
4.	<p>Схема замещения какого элемента показана на рисунке?</p> 	<p>1. Трехфазный трехобмоточный трансформатор. 2. Сдвоенный реактор. 3. Линия электропередач. 4. Фильтрокомпенсирующее устройство.</p>
5.	<p>Благодаря глубокому вводу значительно</p>	<p>1. Сокращается длина воздушных линий. 2. Сокращаются потери электроэнергии. 3. Увеличивается расход кабельной продукции. 4. Увеличиваются потери электроэнергии.</p>
6.	<p>Какие режимы сопровождают текущую эксплуатацию СЭС и возникают при включениях и отключениях отдельных нагрузок и линий электропе-</p>	<p>1. Послеаварийные установившиеся режимы. 2. Нормальные переходные режимы. 3. Аварийные переходные режимы.</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	редачи?	4. Аварийные динамические режимы.
7.	Приведенное к базовой ступени трансформации полное сопротивление элемента сети в Ом определяется из выражения	$1. Z = Z(U_6/U_{cp})^2.$ $2. Z = Z/(U_6/U_{cp}).$ $3. Z = Z(U_{cp}/U_6)^2.$ $4. Z = Z(U_6/U_{cp})^3.$
8.	Приведенное к базовой ступени трансформации полное сопротивление элемента сети в о.е. определяется из выражения	$1. Z_* = Z \cdot \frac{S_6}{U_{cp}}.$ $2. Z_* = Z \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2}.$ $3. Z_* = Z \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_6}.$ $4. Z_* = Z \cdot \frac{U_{cp}}{S_6}.$
9.	Периодическая составляющая тока короткого замыкания имеет наибольшее значение при	<ol style="list-style-type: none"> 1. Замыкании на землю в системе с изолированной нейтралью. 2. 2-х. фазном к.з. на землю в системе с глухозаземленной нейтралью. 3. 3-х. фазном симметричном к.з. 4. Однофазном к.з. в системе с глухозаземленной нейтралью.
10.	Ударный ток 3-х. фазного симметричного к.з.	$1. i_y = \sqrt{3} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}} \right).$ $2. i_y = \sqrt{2} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}} \right).$ $3. i_y = \sqrt{3} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.02}{T_a}} \right).$ $4. i_y = \sqrt{3} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.05}{T_a}} \right).$
11.	При расчете токов 3-х. фазного симметричного к.з. синхронные компенсаторы и электродвигатели напряжением свыше 1000 В рассматриваются как дополнительные источники питания,	<ol style="list-style-type: none"> 1. Если их мощность превышает 1000 кВт. 2. Если они соединены с местом к.з. через трансформаторы. 3. Если они соединены с местом к.з. непосредственно воздушными или кабельными линиями. 4. Если их мощность свыше 10000 кВт.
12.	С какой целью необходимо знать значение тока короткого замыкания?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для выбора трансформаторов. 2. Для выбора электродвигателей. 3. Для выбора компенсирующих

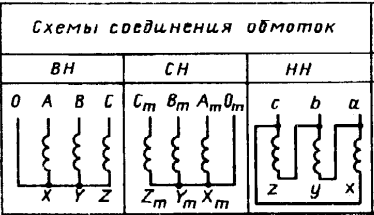
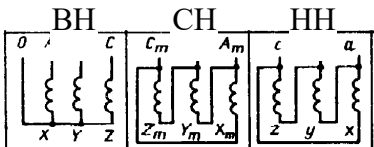
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		устройств. 4. Для выбора коммутационных аппаратов и уставок релейной защиты.
13.	<p>Схема замещения какого элемента при расчете трехфазного симметричного короткого замыкания показана на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Источник питания выше 1 кВ. 2. Синхронный двигатель. 3. Реактор. 4. Кабельная линия.
14.	<p>Схема замещения какого элемента при расчете трехфазного симметричного короткого замыкания показана на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Реактор. 2. Воздушная линия. 3. Кабельная линия. 4. Однофазный трансформатор.
15.	<p>Какое основное назначение установок продольной емкостной компенсации?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение потерь напряжения в элементах системы электроснабжения. 2. Уменьшение токов короткого замыкания. 3. Компенсация электромагнитных помех. 4. Демпфирование режимов самовозбуждения и самораскачивания, сопровождающиеся субгармоническими колебаниями тока и напряжения на нагрузке.
16.	<p>Какое основное назначение установок поперечной емкостной компенсации?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение токов короткого замыкания. 2. Повышение уровня электробезопасности. 3. Компенсация реактивной мощности. 4. Соблюдение требуемого для технологического процесса режима нейтрали.
17.	<p>Какой недостаток имеют установки продольной емкостной компенсации?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение тока нагрузки. 2. Возможность возникновения режимов самовозбуждения и самораскачивания, сопровождающиеся субгармоническими колебаниями тока и напряжения на нагрузке. 3. Уменьшение напряжения на нагрузке. 4. Уменьшение потерь реактивной мощности.
18.	<p>Как зависит уровень напряжения на нагрузке от места включения установок продольной емкостной компенсации в системе электроснабжения?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чем ближе место включения установок продольной емкостной компенсации к источнику питания, тем ниже напряжение на нагрузке. 2. Чем ближе место включения установок продольной емкостной компенсации к нагрузке, тем ниже напряжение на нагрузке.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		3. Чем ближе место включения установок продольной емкостной компенсации к нагрузке, тем выше напряжение на нагрузке. 4. Уровень напряжения на нагрузке не зависит от места включения установок продольной емкостной компенсации.
19.	Где в системе электроснабжения необходимо размещать установки поперечной емкостной компенсации?	1. Место размещения установок поперечной емкостной компенсации не влияет на режимы работы СЭС. 2. Посередине между источником питания и нагрузкой. 3. Как можно ближе к источнику питания. 4. Как можно ближе к нагрузке.
20.	Потери активной мощности на генерацию реактивной в конденсаторах равны	1. 1 кВт/квар. 2. 50 Вт/квар. 3. 10 Вт/квар. 4. $(0,5 \div 1)$ Вт/квар.

Вариант 3.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Передача реактивной мощности ведет к?	1. Уменьшению величины 3-х фазного симметричного короткого замыкания. 2. Пробою изоляции. 3. Неравномерному распределению переменного тока по сечению проводника, смещаясь к поверхностным слоям. 4. Снижению пропускной способности элементов системы электроснабжения по активной мощности.
2.	Какого случая протекания тока короткого замыкания в зависимости от характера изменения напряжения источника питания не существует?	1. При питании от реактора. 2. При питании от генератора с автоматическим регулированием тока возбуждения. 3. При питании от генератора без автоматического регулирования тока возбуждения. 4. При питании от энергосистемы.
3.	Схема какого короткого замыкания показана на рисунке? 	1. Однофазного короткого замыкания. 2. Однофазного короткого замыкания на землю. 3. Двухфазного короткого замыкания на землю. 4. Двухфазного короткого замыкания.
4.	При каком виде короткого замыкания	1. Однофазного.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	действующее значение периодической составляющей тока определяется по формуле $I = \frac{U}{Z_1}$, где Z_1 – сопротивление прямой последовательности?	2. Двухфазного. 3. Трехфазного. 4. Четырехфазного.
5.	При каком виде короткого замыкания действующее значение периодической составляющей тока определяется по формуле $I = \frac{\sqrt{3}U}{Z_1 + Z_2}$, где Z_1 – сопротивление прямой последовательности, Z_2 – сопротивление обратной последовательности?	1. Однофазного. 2. Двухфазного. 3. Трехфазного. 4. Четырехфазного.
6.	При каком виде короткого замыкания действующее значение периодической составляющей тока определяется по формуле $I = \frac{U}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$, где Z_1 – сопротивление прямой последовательности, Z_2 – сопротивление обратной последовательности, Z_0 – сопротивление нулевой последовательности?	1. Однофазного. 2. Двухфазного. 3. Трехфазного. 4. Четырехфазного.
7.	При расчете трехфазного тока короткого замыкания не учитываются	1. Параметры источника питания. 2. Параметры силовых трансформаторов. 3. Параметры электродвигателей напряжением свыше 1 кВ. 4. Параметры установок поперечной емкостной компенсации.
8.	Какой способ расчета тока короткого замыкания используют при питании от генератора?	1. Определение тока короткого замыкания по методу минимума приведенных затрат. 2. Определение тока короткого замыкания по расчетным кривым. 3. Определение тока короткого замыкания по методу коэффициента спроса. 4. Определение тока короткого замыкания по методу статической устойчивости.
9.	Что не учитывают при расчете тока короткого замыкания в сетях до 1 кВ?	1. Влияние его на ЭДС генераторов электростанций. 2. Параметры силовых трансформаторов. 3. Параметры линий электропередач. 4. Сопротивление контактов коммутационных аппаратов.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
10.	Что необходимо учитывать в силовых трансформаторах при расчете трехфазного тока короткого замыкания?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Насыщение стали магнитопровода. 2. Емкостные связи между обмотками. 3. Устройство регулирования под нагрузкой. 4. Систему охлаждения трансформатора.
11.	Какое действие тока короткого замыкания не учитывают в расчетах?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Динамическое. 2. Термическое. 3. Греющее. 4. Биологическое.
12.	Как распределяется нагрузка от электродинамических сил по длине шин?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Равномерно по длине. 2. Распределена в центре. 3. Распределена равномерно по краям. 4. 80% по краям, 20% в центре.
13.	Проверке по термической стойкости не подлежат.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кабели. 2. Голые шины и провода. 3. Трансформаторы. 4. Электродвигатели.
14.	Группу соединения обмоток трансформаторов выбирают так, чтобы трансформаторы в максимально возможной степени отвечали следующему условию:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Препятствовали возникновению высших гармоник в электрических сетях. 2. Ограничивали сопротивление прямой последовательности. 3. Обеспечивали компенсацию реактивной мощности. 4. Снижали потери напряжения в распределительных сетях.
15.	<p>Укажите группу трансформатора, схемы соединения обмоток которого показаны на рисунке.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $Y_H/Y_H/\Delta-0-0$. 2. $Y_H/Y_H/\Delta-0-11$. 3. $Y/Y/\Delta-0-11$. 4. $Y_H/Y_H/\Delta-11-11$.
16.	<p>Укажите группу трансформатора, схемы соединения обмоток которого показаны на рисунке.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $Y_H/Y_H/\Delta-0-0$. 2. $Y_H/\Delta/\Delta-0-11$. 3. $Y/Y/\Delta-0-11$. 4. $Y_H/\Delta/\Delta-11-11$.
17.	Укажите группу трансформатора, схемы соединения обмоток которого показаны на рисунке.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $Y_H/Y_H/\Delta-0-0$. 2. Y_H/Y_H-0-0. 3. Y/Y_H-0. 4. Y/Y_H-11.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	<p style="text-align: center;">ВН НН</p>	
18.	<p>Укажите группу трансформатора, схемы соединения обмоток которого показаны на рисунке.</p> <p style="text-align: center;">ВН НН</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. $Y_H/Y_H/\Delta-0-0$. 2. Y_H/Y_H-0-0. 3. Y/Y_H-0. 4. $Y/\Delta-11$.
19.	<p>Укажите группу трансформатора, схемы соединения обмоток которого показаны на рисунке.</p> <p style="text-align: center;">ВН НН</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Y/Z_H-11. 2. Y_H/Y_H-0-0. 3. Y/Y_H-0. 4. $Y/\Delta-11$.
20.	<p>Укажите группу трансформатора, схемы соединения обмоток которого показаны на рисунке.</p> <p style="text-align: center;">ВН НН</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Y/Z_H-11. 2. Y_H/Y_H-0-0. 3. Δ/Y_H-11. 4. $Y/\Delta-11$.

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

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение не менее 85 % лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Не зачтено
51-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Моделирование электротехнических систем /ГуроваЕ.Г. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 52 с.
Электронный ресурс: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=548131>
2. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 592 с.
Электронный ресурс: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=549747>
3. Математическое моделирование и проектирование : учеб. пособие [Электронный ресурс]/ А.С. Коломейченко, И.Н. Кравченко, А.Н. Ставцев, А.А. Полухин ; под ред. А.С. Коломейченко. – М: ИНФРА-М, 2018. – 181 с.
Электронный ресурс: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=884599>

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.
Электронный ресурс: <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.
Электронный ресурс: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228767>

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Учебно-методические разработки для проведения лабораторных занятий по учебной дисциплине «Компьютерное моделирование систем электроснабжения»
<http://ior.spmi.ru/taxonomy/term/295>

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

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/
9. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>
10. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>

11. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
<http://elibrary.rsl.ru/>
12. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
13. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
14. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукоنت»»:
<http://rucont.ru/>
15. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитория для проведения лабораторных занятий:

13 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный - 16 штук, кресло компьютерное – 13 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол для проектора – 1 шт., Системный блок *R-Style Proxima MC 730 IP4* - 2 шт., Монитор ЖК NEC 17" – 2 шт., система мониторинга энергоэффективности предприятий СМЭЭП001 – 1 шт., преобразователь *Simoreg DC Master* с микропроцессорным управлением 6RA7013-6DS62-0 – 1 шт., преобразователь частоты *ATV31HU40N4* - 1шт., преобразователь *Simoreg DC Master* с микропроцессорным управлением 6RA7013-6DS62-0 – 2 шт., источник бесперебойного питания АНТ-2333 - 4 шт., измеритель RLC АМ-3016 – 1 шт., комплект *Sepam 1000+* серии 40 *Schneider Electric* – 2 шт., доска настенная – 1 шт.

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", 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: 766H1

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

Microsoft Office 2010 Professional Plus

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

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

Microsoft Office 2007 Professional Plus

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

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

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

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional

2. Microsoft Office 2007 Standard

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus