

**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**

***ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ***  
***ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
<b>Направленность (профиль):</b>	Системы электроснабжения
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. Т.Е. Минакова

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины** «Программное обеспечение для решения задач электроэнергетики» 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. Т.Е. Минакова

**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 изучения дисциплины** – подготовка специалиста, владеющего методами математического моделирования режимов работы систем электроснабжения;

- обучение современным технологиям моделирования установившихся и аварийных режимов.

### Основные задачи дисциплины:

- изучения математических моделей представления элементов систем электроснабжения;
- ознакомление с принципами и методами расчета установившихся и аварийных режимов в электрических сетях;
- изучение основных пакетов прикладных программ для расчетов режимов работы энергосистем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Программное обеспечение для решения задач электроэнергетики» относится к дисциплинам (модулям) по выбору Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Системы электроснабжения» и изучается в 3 семестре.

Дисциплина «Программное обеспечение для решения задач электроэнергетики» является основополагающей для изучения специальных дисциплин «Устойчивость узлов нагрузки», а также выполнения исследований для успешного прохождения Преддипломной практики и выполнения и защиты магистерской диссертации.

Особенностью дисциплины является то, что она охватывает комплекс проблем, имеющих отношение к развитию электротехнических наук и направлена на овладение методами научно-исследовательской работы и умелое их применение.

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

Процесс изучения дисциплины «Программное обеспечение для решения задач электроэнергетики» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен проектировать системы электроснабжения	ПКС-2.	ПКС-2.6. Знает типовые схемы систем электроснабжения ПКС-2.7. Умеет использовать программное обеспечение для проектирования систем электроснабжения

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётных единиц, 72 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>63</b>	63
Лекции (Л)	9	9
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	54	54
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>9</b>	9
Подготовка к лабораторным занятиям	9	9

<b>Промежуточная аттестация – дифф. зачет (ДЗ) / зачет (З) / экзамен (Э)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>	

#### 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,
Раздел 1. Расчет установившихся режимов электро-энергетических систем	18	2		14	2
Раздел 2. Расчет токов КЗ	14	2		10	2
Раздел 3. Расчет послеаварийных режимов и ненормальных режимов электроэнергетических систем	14	2		10	2
Раздел 4. Определение устойчивости режимов работы электроэнергетических систем	26	3		20	3
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>9</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Классификация элементов системы электро-снабжения, их моделей и методов расчета. Способы задания электрических генераторов и двигателей при расчете режима сети. Расчет установившегося режима методом узловых напряжений. Применение метода Ньютона для расчета системы нелинейных уравнений установившегося режима работы электроэнергетической системы	2
2	Раздел 2	Сопротивления прямой и обратной последовательности элементов системы. Расчет режима КЗ методом последовательных преобразований.	2
3	Раздел 3	Послеаварийные режимы, виды. Исходные данные для расчета режима. Моделирование элементов электрической системы для расчета послеаварийных режимов	2
4	Раздел 4	Критерии устойчивости электроэнергетической	3

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		системы. Статическая устойчивость при продольной-несимметрии. Динамическая устойчивость сложных систем. Методы анализа. Устойчивость ЭЭС при наличие слабых связей. Асинхронные режимы и ре-синхронизация. Результирующая устойчивость.	
<b>Итого:</b>			<b>9</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусматриваются.

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Составление схемы замещения и расчет установившегося режима электроэнергетической системы в программной среде RASTRWIN	14
2	Раздел 2	Моделирование аварийных режимов работы ЭЭС. Моделирование и расчет режимов КЗ ЭЭС в программной среде RASTRWIN.	10
3	Раздел 3	Расчет ремонтных и предельных режимов работы ЭЭС	10
4	Раздел 4	Расчет статической устойчивости и нормативных коэффициентов запаса	20
<b>Итого:</b>			<b>54</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы

Курсовая работа учебным планом не предусматривается.

### 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.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

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, 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.

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

### **6.1. Расчет установившихся режимов электроэнергетических систем**

#### **Раздел 1. Расчет установившихся режимов электроэнергетических систем**

1. Классификация элементов системы электроснабжения, их моделей и методов расчета.
2. Задачи расчета установившегося режима.
3. Метод узловых напряжений.
4. Решение систем узловых напряжений
- 5 Метод Ньютона для решения системы нелинейных уравнений

#### **Раздел 2. Расчет токов КЗ**

1. Метод последовательных преобразований.
2. Уравнения Парка-Горева
3. Математические модели высоковольтных двигателей.
4. Математические модели электрических генераторов.
5. Модели нагрузки через заданные постоянные мощности, сопротивления, проводимости.
6. Статические характеристики нагрузки.

#### **Раздел 3. Расчет послеаварийных режимов и ненормальных режимов электроэнергетических систем**

1. Причины возникновения послеаварийного режима
2. Виды послеаварийных режимов.
3. Классификация послеаварийных режимов
4. нормативно-техническая литература о послеаварийных режимах
5. время существования послеаварийного режима
6. Ненормальные режимы работы электроэнергетической системы

#### **Раздел 4. Определение устойчивости режимов работы электроэнергетических систем**

1. Устойчивость послеаварийных режимов
2. Схемы замещения элементов сети для расчета устойчивости
3. Характер нарушения устойчивости режима работы ЭЭС
4. Программы, используемые для расчета устойчивости работы ЭЭС
5. Статическая устойчивость многомашинной системы
6. Критерии устойчивости

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов к зачету:**

1. Дайте определение статической устойчивости электроэнергетической системы.
2. Поясните термин «пропускная способность элемента системы».
3. Поясните термин «статические характеристики системы».
4. Поясните термин «простейшая электроэнергетическая система».
5. В каких режимах может работать синхронная машина?
6. Запишите уравнение характеристики мощности синхронной машины.
7. Сформулируйте критерий статической устойчивости Михайлова.
8. Запишите выражение запаса статической устойчивости.
9. Какой характер может иметь процесс нарушения статической устойчивости?

10. Запишите уравнение движения ротора синхронной машины.
11. Приведите примеры больших возмущений в электроэнергетической системе.
12. Дайте определение динамической устойчивости электроэнергетической системы.
13. Дайте определение результирующей устойчивости электроэнергетической системы.
14. Назовите задачи анализа динамической устойчивости.
15. Назовите основные допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости.
16. Как определяется предельный угол отключения КЗ?
17. Как определяется предельное время отключения КЗ?
18. Как по значениям взаимных углов машин в сложной системе устанавливается ее динамическая устойчивость или неустойчивость?
19. Приведите схему замещения асинхронного двигателя.
20. Приведите типовую характеристику мощности (момента) асинхронного двигателя от скольжения.
21. Запишите условия устойчивой работы асинхронного двигателя.
22. Что такое статические характеристики нагрузки?
23. Как представляются нагрузки при расчетах устойчивости?
24. Какими факторами определяется напряжение в узле нагрузки?
25. Приведите критерии статической устойчивости нагрузки, получающей питание от нескольких источников.
26. Приведите примеры больших возмущений в системах электроснабжения.
27. Представления ЛЭП при задании схем ЭЭС в программах расчета режимов ЭЭС
28. Представления синхронных генераторов при задании схем ЭЭС в программах расчета режимов ЭЭС.
29. Траектории утяжеления режимов при расчетах статической устойчивости ЭЭС.
30. Собственные и взаимные углы ЭДС в многомашинной системе

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

#### Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Установленной мощностью называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Потребляемая мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции в часы минимума нагрузки.</li> <li>2. Номинальная мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции, за исключением резервных и работающих только в ремонтную смену.</li> <li>3. Потребляемая мощность всех приемников, питаемых от данной трансформаторной подстанции в часы максимума нагрузки.</li> <li>4. Номинальная мощность всех приемников,</li> </ol>

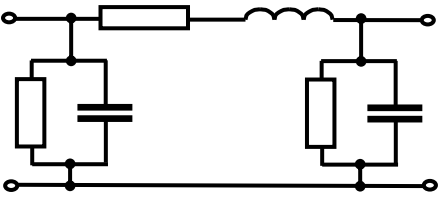
		питаемых от данной трансформаторной подстанции.
2.	Присоединенной мощностью называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мощность, потребляемая приемниками при работе с минимальной нагрузкой.</li> <li>2. Мощность, потребляемая приемниками при работе с максимальной нагрузкой.</li> <li>3. Мощность, потребляемая приемниками при работе с номинальной нагрузкой.</li> <li>4. Мощность, потребляемая приемниками 1-ой и 2-ой категорий с учетом обеспечения резервного питания.</li> </ol>
3.	Коэффициент спроса учитывает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Степень обеспечения равномерности загрузки электроприемников.</li> <li>2. Степень загрузки и одновременности работы потребителей.</li> <li>3. Степень обеспечения возможной перегрузки электроприемников.</li> <li>4. Степень заполнения суточного графика потребления активной мощности.</li> </ol>
4.	Чему равен коэффициент формы графика нагрузки забоев с узкозахватными комбайнами?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0,5.</li> <li>2. 1,03.</li> <li>3. 2,05.</li> <li>4. 3,01.</li> </ol>
5.	Коэффициент максимума графика активной нагрузки предприятия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_M = 10</math>.</li> <li>2. <math>K_M = 0,6</math>.</li> <li>3. <math>K_M = 0,8</math>.</li> <li>4. <math>K_M = 1 \div 3</math>.</li> </ol>
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; $K_f$ – коэффициент формы; $K_M$ – коэффициент максимума.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_c = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}</math></li> <li>2. <math>K_c = P_{max} \cdot T_{и.а}</math></li> <li>3. <math>K_c = K_f \cdot K_M</math></li> <li>4. <math>K_c = \sum_{k=1}^n P_{н.к} / P_{max}</math></li> </ol>
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"> <li>1. <math>K_{и.а} = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}</math></li> <li>2. <math>K_{и.а} = P_{max} \cdot T_{и.с}</math></li> <li>3. <math>K_{и.а} = P_{cp} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}</math></li> <li>4. <math>K_{и.а} = \sum_{k=1}^n P_{н.к} / P_{max}</math></li> </ol>
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"> <li>1. <math>K_{ф.а} = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}</math></li> <li>2. <math>K_{ф.а} = P_{max} \cdot T_{и.а}</math></li> <li>3. <math>K_{ф.а} = P_{cp} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}</math></li> <li>4. <math>K_{ф.а} = P_d / P_{cp}</math></li> </ol>

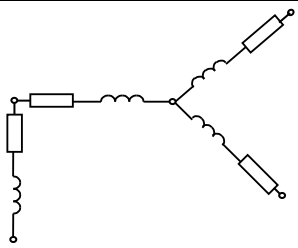



	ки.	
9.	Коэффициент заполнения графика активной нагрузки определяется по формуле, где $P_d$ – среднеквадратичная мощность; $P_{cp}$ – средняя мощность; $P_n$ – номинальная мощность электроприемника; $P_{max}$ – максимальная мощность; $T_{и.а}$ – число часов использования максимума активной нагрузки.	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>K_{з.а} = P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}.</math></li> <li><math>K_{з.а} = P_{max} \cdot T_{и.а}.</math></li> <li><math>K_{з.а} = P_{cp} / P_{max}.</math></li> <li><math>K_{з.а} = P_d / P_{cp}.</math></li> </ol>
10.	Число часов использования максимума активной нагрузки в сутки определяется по формуле, где	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>T_{и.а} = 24 \cdot P_{max} / \sum_{k=1}^n P_{н.к}.</math></li> <li><math>T_{и.а} = 24 \cdot P_{max} \cdot T_{и.а}.</math></li> <li><math>T_{и.а} = 24 \cdot P_{cp} / P_{max}.</math></li> <li><math>T_{и.а} = 24 \cdot P_d / P_{cp}.</math></li> </ol>
11.	Устройства автоматического регулирования предназначенные для восстановления баланса активной мощности в электрической системе - это	<ol style="list-style-type: none"> <li>АПВ</li> <li>АВР</li> <li>АЧР</li> <li>АЛАР</li> </ol>
12.	Активная мощность синхронного двигателя с постоянным током возбуждения, подключенного к цеховой сети через трансформатор, в установившемся режиме работы определяется по формуле:	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>P_{ДВ} = \frac{E'_q \cdot U_C}{X_d + X_T} \sin \delta</math></li> <li><math>P_{ДВ} = \frac{E_q \cdot U_C}{X_d + X_T} \sin \delta</math></li> <li><math>P_{ДВ} = \frac{E_q \cdot U_C}{X_d} \sin \delta</math></li> <li><math>P_{ДВ} = \frac{U_{ДВ} \cdot U_C}{X_d + X_T} \sin \delta</math></li> </ol>
13.	В генерирующем блоке момент турбины является	<ol style="list-style-type: none"> <li>тормозящим.</li> <li>ускоряющим.</li> <li>реактивным.</li> <li>асинхронным.</li> </ol>
14.	При работе синхронного двигателя в сети электромагнитный момент является	<ol style="list-style-type: none"> <li>тормозящим.</li> <li>ускоряющим.</li> <li>реактивным.</li> <li>асинхронным.</li> </ol>
15.	Система автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора при работе на холостом ходу обеспечивает:	<ol style="list-style-type: none"> <li>регулирование напряжения и реактивной мощности генератора.</li> <li>регулирование скорости вращения.</li> <li>регулирование активной мощности.</li> <li>регулирование напряжения генератора.</li> </ol>
16.	Система автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора <i>при работе в энергосистеме</i> обеспечивает в установившихся режимах:	<ol style="list-style-type: none"> <li>регулирование напряжения и реактивной мощности генератора.</li> <li>регулирование скорости вращения агрегата</li> <li>регулирование частоты вращения агрегата</li> </ol>

		4. регулирование активной мощности агрегата
17.	Распределение приращения нагрузки происходит обратно пропорционально статизму характеристик регулирования, если ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. все генераторы станции имеют астатическую характеристику</li> <li>2. один из генераторов станции имеет астатическую, а остальные статическую характеристики</li> <li>3. один из генераторов имеет статическую, а остальные астатическую характеристики</li> <li>4. все генераторы станции имеют статическую характеристику</li> </ol>
18.	Уменьшение потребляемой мощности некоторых потребителей при уменьшении частоты называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. лавинообразным эффектом</li> <li>2. регулирующим эффектом нагрузки</li> <li>3. статизмом нагрузки</li> <li>4. обратным эффектом</li> </ol>
19.	При увеличении напряжения сети	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ухудшается статическая устойчивость генератора</li> <li>2. улучшается статическая устойчивость генератора.</li> <li>3. статическая устойчивость не изменяется.</li> <li>4. увеличивается сопротивление генератора.</li> </ol>
20.	При увеличении тока возбуждения синхронного двигателя, <i>работающего в сети</i> :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличивается напряжение и реактивная мощность.</li> <li>2. увеличивается напряжение и уменьшается реактивная мощность.</li> <li>3. уменьшается угол <math>\delta</math>.</li> <li>4. уменьшается напряжение генератора и реактивная мощность.</li> </ol>

#### Вариант № 2

1.	<p>Схема замещения какого элемента показана на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Источник питания выше 1 кВ.</li> <li>2. Синхронный двигатель.</li> <li>3. Реактор.</li> <li>4. Линия электропередач.</li> </ol>
2.	Постоянная времени нагрева проводов, кабелей и электрических аппаратов равна величине	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\tau_n = 1</math> мин.</li> <li>2. <math>\tau_n \leq 10</math> мин.</li> <li>3. <math>\tau_n \leq 30</math> мин.</li> <li>4. <math>\tau_n = 1</math> час.</li> </ol>
3.	Какого режима работы СЭС не существует?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нормальные установившиеся режимы.</li> <li>2. Нормальные переходные режимы.</li> <li>3. Аварийные переходные режимы.</li> <li>4. Аварийные динамические режимы.</li> </ol>
4.	Схема замещения какого элемента показана на рисунке?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трехфазный трехобмоточный трансформатор.</li> <li>2. Сдвоенный реактор.</li> </ol>

		<p>3. Линия электропередач. 4. Фильтрокомпенсирующее устройство.</p>
5.	Благодаря глубокому вводу значительно	<p>1. Сокращается длина воздушных линий. 2. Сокращаются потери электроэнергии. 3. Увеличивается расход кабельной продукции. 4. Увеличиваются потери электроэнергии.</p>
6.	Какие режимы сопровождают текущую эксплуатацию СЭС и возникают при включениях и отключениях отдельных нагрузок и линий электропередачи?	<p>1. Послеаварийные установившиеся режимы. 2. Нормальные переходные режимы. 3. Аварийные переходные режимы. 4. Аварийные динамические режимы.</p>
7.	Приведенное к базовой ступени трансформации полное сопротивление элемента сети в Ом определяется из выражения	<p>1. <math>Z = Z(U_6/U_{cp})^2</math>. 2. <math>Z = Z(U_6/U_{cp})</math>. 3. <math>Z = Z(U_{cp}/U_6)^2</math>. 4. <math>Z = Z(U_6/U_{cp})^3</math>.</p>
8.	Запас статической устойчивости энергосистемы в послеаварийном режиме должен составлять	<p>1. 20%. 2. 16%. 3. 10%. 4. 8%.</p>
9.	Способ представления комплексной нагрузки при расчете ее статической устойчивости	<p>1. статическими характеристиками. 2. динамическими характеристиками. 3. одним очень мощным асинхронным двигателем. 4. нелинейным сопротивлением</p>
10.	Периодическая составляющая тока короткого замыкания имеет наибольшее значение при	<p>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.</p>
11.	Ударный ток 3-х. фазного симметричного к.з.	<p>1. <math>i_y = \sqrt{3} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}\right)</math>. 2. <math>i_y = \sqrt{2} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}\right)</math>. 3. <math>i_y = \sqrt{3} \cdot I^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.02}{T_a}}\right)</math>.</p>

		4. $i_y = \sqrt{3} \cdot I^{(3)} \cdot \left( 1 + e^{-\frac{0.05}{T_a}} \right)$ .
12.	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"> <li>1. Если их мощность превышает 1000 кВт.</li> <li>2. Если они соединены с местом к.з. через трансформаторы.</li> <li>3. Если они соединены с местом к.з. непосредственно воздушными или кабельными линиями.</li> <li>4. Если их мощность свыше 10000 кВт.</li> </ol>
13.	При потере апериодической устойчивости (динамической) электромагнитный момент синхронного генератора является	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. синхронным.</li> <li>2. ускоряющим.</li> <li>3. реактивным.</li> <li>4. асинхронным.</li> </ol>
14.	<p>Схема замещения какого элемента при расчете трехфазного симметричного короткого замыкания показана на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реактор.</li> <li>2. Воздушная линия.</li> <li>3. Кабельная линия.</li> <li>4. Однофазный трансформатор.</li> </ol>
15.	Какое основное назначение установок продольной емкостной компенсации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшение потерь напряжения в элементах системы электроснабжения.</li> <li>2. Уменьшение токов короткого замыкания.</li> <li>3. Компенсация электромагнитных помех.</li> <li>4. Демпфирование режимов самовозбуждения и самораскачивания, сопровождающиеся субгармоническими колебаниями тока и напряжения на нагрузке.</li> </ol>
16.	Какое основное назначение установок поперечной емкостной компенсации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшение токов короткого замыкания.</li> <li>2. Повышение уровня электробезопасности.</li> <li>3. Компенсация реактивной мощности.</li> <li>4. Соблюдение требуемого для технологического процесса режима нейтрали.</li> </ol>
17.	Какой недостаток имеют установки продольной емкостной компенсации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшение тока нагрузки.</li> <li>2. Возможность возникновения режимов самовозбуждения и самораскачивания, сопровождающиеся субгармоническими колебаниями тока и напряжения на нагрузке.</li> <li>3. Уменьшение напряжения на нагрузке.</li> <li>4. Уменьшение потерь реактивной мощности.</li> </ol>
18.	Статизм регулирования генератора – это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. отношение изменение частоты к изменению напряжения</li> <li>2. отношение изменение нагрузки к изменению напряжения</li> <li>3. отношение изменение напряжения к изме-</li> </ol>

		нению нагрузки 4. отношение изменение нагрузки к изменению частоты
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

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.	Вторичное регулирование частоты осуществляется регуляторами	1. всех турбин 2. специально выделенных крупных электростанций 3. турбин тепловых электрических станций 4. местных (малой мощности) электрических станций
4.	Основной характеристикой асинхронного двигателя для анализа статической устойчивости является зависимость	1. электромагнитного момента (мощности) от напряжения. 2. электромагнитного момента от скольжения; 3. электромагнитного момента от угла нагрузки; 4. электромагнитного момента от потока возбуждения;
5.	Зависимость электромагнитного момента асинхронного двигателя от скольжения это:	1. моментно-угловая характеристика. 2. нагрузочная характеристика. 3. рабочая характеристика. 4. моментно-скоростная характеристика.
6.	При уменьшении питающего напряжения критическое скольжение асинхронного дви-	1. остается неизменным. 2. увеличивается пропорционально напряже-

	гателя	<p>нию.</p> <p>3. уменьшается пропорционально квадрату напряжения.</p> <p>4. уменьшается пропорционально напряжению.</p>
7.	При уменьшении питающего напряжения максимальный момент асинхронного двигателя	<p>1. остается неизменным;</p> <p>2. увеличивается пропорционально квадрату напряжения;</p> <p>3. уменьшается пропорционально квадрату напряжения;</p> <p>4. уменьшается пропорционально напряжению.</p>
8.	Какой способ расчета тока короткого замыкания используют при питании от генератора?	<p>1. Определение тока короткого замыкания по методу минимума приведенных затрат.</p> <p>2. Определение тока короткого замыкания по расчетным кривым.</p> <p>3. Определение тока короткого замыкания по методу коэффициента спроса.</p> <p>4. Определение тока короткого замыкания по методу статической устойчивости.</p>
9.	Что необходимо учитывать в силовых трансформаторах при расчете трехфазного тока короткого замыкания?	<p>1. Насыщение стали магнитопровода.</p> <p>2. Емкостные связи между обмотками.</p> <p>3. Устройство регулирования под нагрузкой.</p> <p>4. Систему охлаждения трансформатора.</p>
10.	Какое действие тока короткого замыкания не учитывают в расчетах?	<p>1. Динамическое.</p> <p>2. Термическое.</p> <p>3. Греющее.</p> <p>4. Биологическое.</p>
11.	Как распределяется нагрузка от электродинамических сил по длине шин?	<p>1. Равномерно по длине.</p> <p>2. Распределена в центре.</p> <p>3. Распределена равномерно по краям.</p> <p>4. 80% по краям, 20% в центре.</p>
12.	Показатель качества электроэнергии, имеющий общее (одинаковое) значение во всех точках энергосистемы – это	<p>1. отклонение напряжения.</p> <p>2. частота.</p> <p>3. колебание напряжения.</p> <p>4. несинусоидальность напряжения.</p>
13.	В установившихся режимах быстродействующее регулирование возбуждения синхронного генератора	<p>1. повышает пределы и запасы статической устойчивости.</p> <p>2. поддерживает напряжение, но увеличивает вероятность апериодического нарушения устойчивости.</p> <p>3. улучшает качество напряжения на зажимах электроприемников.</p> <p>4. обеспечивает поддержание частоты в энергосистеме.</p>
14.	Регулирующий эффект реактивной мощности нагрузки по напряжению	<p>1. <math>\frac{\partial Q}{\partial U}</math>.</p> <p>2. <math>\frac{\partial P}{\partial f}</math>.</p>

		3. $\frac{\partial Q}{\partial f}$ . 4. $\frac{\partial P}{\partial U}$ .
15.	Регулирующий эффект активной нагрузки по частоте $\frac{\partial P}{\partial f} = a_f$ равен:	1. 0. 2. 1. 3. $\sqrt{2}$ . 4. 2.
16.	При питании узла нагрузки от шин с напряжением $E$ критерием устойчивости при снижении напряжения является	1. $\frac{dQ}{dE} = \infty$ 2. $\frac{dQ}{dE} = -\infty$ 3. $\frac{dQ}{dE} = 0$ 4. $\frac{dP}{dE} = -\infty$
17.	Регулирующий эффект активной нагрузки по частоте $\frac{\partial P}{\partial f} = a_f$ равен:	1. 0. 2. 1. 3. $\sqrt{2}$ . 4. 2.
18.	При астатическом регулировании системы АРВ напряжение на выводах генератора	1. линейно зависит от величины нагрузки 2. не зависит от величины нагрузки 3. обратно пропорционально величине нагрузки 4. изменяется по экспоненциальному закону
19.	Снижение скорости асинхронного двигателя до полной остановки при снижении напряжения это:	1. Опрокидывание двигателя. 2. Самозапуск двигателя. 3. Плановая остановка. 4. Снижение скорости в процессе самозапуска.
20.	Выбегом двигателя называют	1. Поведение асинхронного двигателя после восстановления потерянного напряжения питания. 2. Процесс торможения асинхронного двигателя при потере питания. 3. Процесс самозапуска асинхронного двигателя. 4. Процесс пуска асинхронного двигателя.

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

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и 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 % лекционных и 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
51-100	Зачтено

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Программные комплексы RastrWin, Bars, Lincor, Rustab, RastrKZ, RastrMDP [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.rastrwin.ru/rastr/RastrHelp.php> – 20.10.2014

2. Ктитров С. В. Расчет установившихся режимов и переходных процессов в нелинейных системах [Электронный ресурс] / С.В. Ктитров; Ю.Ю. Шумилов. Москва: МИФИ, 2008.- 208 с.: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231566>.

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. **Электроснабжение предприятий** : [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б. Н. Абрамович [и др.]. - СПб. : Горн. ун-т, 2015. - 299 с :

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=33%2E12%2F%D0%9C%2027%2D794103873<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=33%2E12%2F%D0%9C%2027%2D794103873<.>)

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

#### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Проектирование систем электроснабжения. Проектирование высоковольтных систем электроснабжения : [ Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Бельский, Ю. А. Сычев. - Электрон. дан. (1 файл : 733 159 байтов). - СПб. : Горн. ун-т, 2018

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%2D218414179<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D218414179<.>)

### 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. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
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, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).
11. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>
12. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>
13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
14. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукоонт»». <http://rucont.ru/>
17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий:**

*30 посадочных мест*

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт.

#### **Аудитория для проведения лабораторных занятий:**

*13 посадочных мест*

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.

### **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 OpenLicense 60799400 от 20.08.2012, Microsoft OpenLicense 48358058 от

11.04.2011, MicrosoftOpenLicense 49487710 от 20.12.2011, MicrosoftOpenLicense 49379550 от 29.11.2011,  
MicrosoftOffice 2010 Standard: MicrosoftOpenLicense 60799400 от 20.08.2012, MicrosoftOpenLicense 60853086 от 31.08.2012, Kasperskyantivirus 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 MicrosoftOpenLicense 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: MicrosoftOpenLicense 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Professional Plus: MicrosoftOpenLicense 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