

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная

 (инициалы, фамилия)

(подпись)

«18» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Режимы работы электроэнергетических систем»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.04.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Цифровая энергетика
Форма обучения	очная
Год приема	2026


Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

 18.02.2026  
(подпись, дата)

В.П. Кузьменко

(инициалы, фамилия)

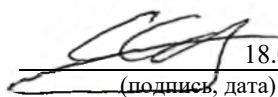
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«18» февраля 2026 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)

 18.02.2026  
(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

 18.02.2026  
(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Режимы работы электроэнергетических систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность самостоятельно осуществлять исследовательскую деятельность, анализировать и представлять результаты научных исследований»

ПК-3 «способен применять технологии цифровых двойников для информационного моделирования объектов профессиональной деятельности.»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с рациональным использованием энергоресурсов при их производстве, преобразовании, транспортировке, распределении и потреблении; учетом факторов аварийных и перегруженных режимов работы объектов профессиональной деятельности при проектировании систем электроснабжения.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (3 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Основной целью изучения дисциплины является формирование знаний о физике процессов, протекающих в электроэнергетических системах и сетях при передаче и распределении электроэнергии, о законах построения электроэнергетических систем и управления их режимами, в том числе получение студентами необходимых навыков и умений в области выбора наиболее эффективных мероприятий при выработке, транспортировке и потреблении энергоресурсов, а также обеспечения качества, надежности и экономичности режимов работы электроэнергетических систем.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность самостоятельно осуществлять исследовательскую деятельность, анализировать и представлять результаты научных исследований	ПК-1.Д.3 анализирует и систематизирует результаты научных исследований и экспериментально полученных данных
Профессиональные компетенции	ПК-3 способен применять технологии цифровых двойников для информационного моделирования объектов профессиональной деятельности.	ПК-3.Д.3 оптимизирует работу объектов профессиональной деятельности

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Цифровое проектирование»;
- «Электрические системы и сети»;
- «Цифровая релейная защита».

Знания, умения и навыки, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и вспомогательное при

прохождении производственной проектной практики, преддипломной практики и подготовке к процедуре защиты выпускной квалификационной работы.

### 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17	17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	74	74
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 3					
Раздел 1. Общие вопросы управления и ведения режима работы энергосистемы. Тема 1.1. Задачи и организация управления режимами работы электроустановок. Тема 1.2. Управление нормальным режимом работы Тема 1.3. Управление энергосистемами в аварийном режиме Тема 1.4. Перегрузки и отключения ЛЭП Тема 1.5 Лавинные перегрузки частоты, напряжения, асинхронных режимов.	5		4		

Раздел 2. Планирование и разработка режимов работы энергосистемы Тема 2.1 Основные меры по предотвращению и ликвидации технологических нарушений. Тема 2.2. Восстановление ЭЭС после крупных аварий Тема 2.3. Основные требования и исходные данные при разработке режима Тема 2.4. Нагрузки и их прогнозирование Тема 2.5. Разработка режима работы ЭЭС на различных временных уровнях Тема 2.6. Резервы ЭЭС Тема 2.7. Оптимальное распределение активной мощности между электростанциями энергосистемы	5		6		
Раздел 3. Эксплуатация элементов электрических сетей Тема 3.1. Выбор эксплуатационной (оперативной) схемы электроэнергетической системы Тема 3.2. Виды ремонтов элементов ЭЭС и выбор целесообразной системы ремонтов оборудования ЭЭС Тема 3.3. Эксплуатация оборудования распределительных устройств, ВЛЭП и КЛ Тема 3.4. Эксплуатация трансформаторов Тема 3.5 Программирование оперативных переключений, техническая документация, организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ	5		4		
Раздел 4. Анализ эксплуатационных режимов Тема 4.1. Анализ эксплуатационных режимов разомкнутой электрической сети. Тема 4.2. Анализ режимов работы замкнутых сетей.	2		3		
Итого в семестре:	17		17		74
Итого	17	0	17	0	74

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Общие вопросы управления и ведения режима работы энергосистемы. Рассматриваются задачи и организация управления режимами работы электроустановок, особенности ведения нормального и аварийного режимов, причины перегрузок и отключений линий электропередачи, а также развитие лавинных процессов по частоте, напряжению и асинхронным режимам.</p> <p>Тема 1.1. Задачи и организация управления режимами работы электроустановок. Лекция-дискуссия. Изучаются цели управления</p>

	<p>режимами ЭЭС, функции оперативно-диспетчерского персонала, структура управления режимами и основные требования к надежности и устойчивости работы энергосистемы.</p> <p>Тема 1.2. Управление нормальным режимом работы. Демонстрация слайдов. Рассматриваются параметры нормального режима, поддержание баланса активной и реактивной мощности, регулирование напряжения и частоты, а также контроль допустимых нагрузок элементов сети.</p> <p>Тема 1.3. Управление энергосистемами в аварийном режиме. Демонстрация слайдов. Изучаются особенности действий оперативного персонала при аварийных нарушениях, локализация повреждений, предотвращение развития аварии и восстановление допустимых параметров режима.</p> <p>Тема 1.4. Перегрузки и отключения ЛЭП. Проблемная лекция. Рассматриваются причины перегрузок линий электропередачи, влияние отключений ЛЭП на режим работы энергосистемы, перераспределение потоков мощности и меры по предотвращению перегрузки оборудования.</p> <p>Тема 1.5. Лавинные перегрузки частоты, напряжения, асинхронных режимов. Демонстрация слайдов. Изучаются механизмы развития лавинных процессов в ЭЭС, условия возникновения лавины частоты и напряжения, признаки асинхронного режима и мероприятия по предупреждению системных аварий.</p>
2	<p>Раздел 2. Планирование и разработка режимов работы энергосистемы. Лекция-дискуссия. Рассматриваются вопросы планирования режимов ЭЭС, предотвращения и ликвидации технологических нарушений, восстановления энергосистемы после крупных аварий, прогнозирования нагрузок, выбора резервов и оптимального распределения активной мощности между электростанциями.</p> <p>Тема 2.1. Основные меры по предотвращению и ликвидации технологических нарушений. Проблемная лекция. Изучаются организационные и технические меры предупреждения нарушений режима, противоаварийное управление, оперативные действия персонала и восстановление нормальной схемы работы.</p> <p>Тема 2.2. Восстановление ЭЭС после крупных аварий. Демонстрация слайдов. Рассматриваются этапы восстановления энергосистемы после аварийного разделения, отключения потребителей, потери генерации или нарушения устойчивости, а также порядок включения оборудования и набора нагрузки.</p> <p>Тема 2.3. Основные требования и исходные данные при разработке режима. Демонстрация слайдов. Изучаются исходные данные для расчета режима: схемы сети, состав оборудования, графики нагрузок, генерация, ремонты, ограничения по токам, напряжениям и</p>

	<p>устойчивости.</p> <p>Тема 2.4. Нагрузки и их прогнозирование. Демонстрация слайдов. Рассматриваются виды электрических нагрузок, суточные и сезонные графики, факторы, влияющие на потребление электроэнергии, и методы краткосрочного и оперативного прогнозирования нагрузки.</p> <p>Тема 2.5. Разработка режима работы ЭЭС на различных временных уровнях. Демонстрация слайдов. Изучаются особенности разработки перспективных, годовых, месячных, суточных и оперативных режимов работы энергосистемы с учетом нагрузки, генерации, ремонтов и резервов.</p> <p>Тема 2.6. Резервы ЭЭС. Демонстрация слайдов. Рассматриваются виды резервов энергосистемы, включая вращающийся, аварийный, оперативный и ремонтный резервы, их назначение и роль в обеспечении надежности электроснабжения.</p> <p>Тема 2.7. Оптимальное распределение активной мощности между электростанциями энергосистемы. Демонстрация слайдов. Изучаются принципы экономичного распределения активной мощности, учет ограничений по генерации, пропускной способности сети, резервам и надежности работы ЭЭС.</p>
3	<p>Раздел 3. Эксплуатация элементов электрических сетей.</p> <p>Рассматриваются вопросы выбора эксплуатационной схемы ЭЭС, организации ремонтов оборудования, эксплуатации распределительных устройств, воздушных и кабельных линий, трансформаторов, а также программирования оперативных переключений. Интерактивная форма: демонстрация слайдов с эксплуатационными схемами сетей и примерами оперативной документации.</p> <p>Тема 3.1. Выбор эксплуатационной оперативной схемы электроэнергетической системы. Демонстрация слайдов. Изучаются требования к выбору оперативной схемы, критерии надежности, устойчивости, экономичности и ремонтпригодности, влияние схемных решений на режим работы сети. Интерактивная форма: разбор схемы сети с обсуждением выбора нормальной и ремонтной схемы.</p> <p>Тема 3.2. Виды ремонтов элементов ЭЭС и выбор целесообразной системы ремонтов оборудования ЭЭС. Мозговой штурм.</p> <p>Рассматриваются текущий, средний, капитальный, аварийный и планово-предупредительный ремонт, а также выбор системы ремонтов с учетом технического состояния оборудования. Интерактивная форма: управляемая беседа по выбору вида ремонта при различных признаках ухудшения технического состояния оборудования.</p> <p>Тема 3.3. Эксплуатация оборудования распределительных устройств, ВЛЭП и КЛ. Лекция-беседа. Изучаются особенности эксплуатации распределительных устройств, воздушных и кабельных линий, контроль состояния изоляции, контактных соединений, токовых нагрузок и условий безопасной работы.</p> <p>Тема 3.4. Эксплуатация трансформаторов. Лекция-беседа.</p>



	<p>Рассматриваются режимы работы силовых трансформаторов, контроль нагрузки, температуры, уровня масла, состояния изоляции, допустимые перегрузки и мероприятия по предупреждению повреждений.</p> <p>Интерактивная форма: мини-кейс по анализу перегрузки трансформатора и выбору допустимых действий оперативного персонала.</p> <p>Тема 3.5. Программирование оперативных переключений, техническая документация, организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ. Лекция-беседа. Изучаются порядок подготовки и выполнения оперативных переключений, оформление программ переключений, нарядов и распоряжений, меры безопасности при работе в электроустановках. Интерактивная форма: разбор примера программы оперативных переключений с обсуждением последовательности операций и мер безопасности.</p>
4	<p>Раздел 4. Анализ эксплуатационных режимов. Рассматриваются методы анализа режимов разомкнутых и замкнутых электрических сетей, определение потокораспределения, потерь напряжения и мощности, а также оценка допустимости эксплуатационного режима по техническим ограничениям.</p> <p>Тема 4.1. Анализ эксплуатационных режимов разомкнутой электрической сети. Демонстрация слайдов. Изучаются расчет токов, напряжений, потерь мощности и падений напряжения в разомкнутых сетях, а также оценка соответствия режима допустимым эксплуатационным требованиям.</p> <p>Тема 4.2. Анализ режимов работы замкнутых сетей. Демонстрация слайдов. Рассматриваются особенности потокораспределения в замкнутых сетях, влияние изменения схемы сети на режим, перераспределение нагрузок и оценка устойчивости и надежности работы сети.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 3				
1	Лабораторная работа № 1 «Переключения при включении и отключении присоединений»	2	2	1
2	Лабораторная работа № 2 «Переключения при переводе присоединений с одной системы шин на другую»	3	3	1
3	Лабораторная работа №3. «Переключения при выводе оборудования в ремонт и при вводе его в работу после ремонта»	4	4	2
4	Лабораторная работа № 4. «Переключения при выводе в ремонт выключателя и при вводе его в работу после ремонта»	4	4	3
5	Лабораторная работа №5 «Определение величины емкости конденсаторной батареи для продольного включения в сеть на головном участке моделируемой сети с целью полной компенсации индуктивного сопротивления линии»	4	4	4
Всего		17	17	

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	60	60
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	2	2
Домашнее задание (ДЗ)	10	10
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	2	2
Всего:	74	74

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8— Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.31 Р 33	Режимы работы электроэнергетических систем : учебное пособие / А. Л. Ронжин [и др.] ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2019. - 94 с. : рис. - Библиогр.: с. 89 (7 назв.). - ISBN 978-5-8088-1439-4 : Б. ц. - Текст : непосредственный.	5
621.31 А 22	Автоматизация электроэнергетических систем : учебно-методическое пособие / В. П. Кузьменко, С. В. Солёный, А. В. Рысин, О. Я. Солёная ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2024. - 82 с. - Библиогр.: с. 80 (3 назв.). - 153.81 р. - Текст : непосредственный.	3
URL: <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=549322">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=549322</a>	Режимы электрических станций и электроэнергетических систем / Русина А.Г., Филиппова Т.А. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 400 с. Доступно для зарегистрированных пользователей	
URL: <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=558792">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=558792</a>	Балансы мощности и выработки электроэнергии в электроэнергетической системе / Русина А.Г., Филиппова Т.А. - Новосиб.: НГТУ, 2012. - 55 с. Доступно для зарегистрированных пользователей	

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="https://pro.guap.ru/">https://pro.guap.ru/</a>	Методические рекомендации для самостоятельной подготовки, учебно-методические материалы по темам, мультимедийные презентации по темам, извлечения из нормативно-правовых актов по дисциплине размещены <a href="#">внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»</a>

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» ( <a href="https://pro.guap.ru/">https://pro.guap.ru/</a> ) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso">https://guap.ru/it/system/iso</a>
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» ( <a href="https://guap.ru/">https://guap.ru/</a> ), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso/po">https://guap.ru/it/system/iso/po</a> )

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий ( <a href="https://lib.guap.ru/">https://lib.guap.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» ( <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» ( <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium ( <a href="https://znanium.ru/">https://znanium.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
5	Библиотека электронного журнала «Энергетика и промышленность России». <a href="https://www.eprussia.ru/lib/">https://www.eprussia.ru/lib/</a> Доступ авторизованным пользователям.

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования (Интерактивный	21-21 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

	мультисенсорный дисплей на перекаточной стойке FocusTouch Диагональ 70" – 1 шт., ПЭВМ – 1 шт.); Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	
2	Компьютерный аналог или специализированный лабораторный стенд «Оперативные переключения в электрических сетях»	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А) или 418 (Московский пр-т 149 ВА)
3	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А) или 418 (Московский пр-т 149 ВА)
4	Исследовательская лаборатория электроэнергетики проектно-технологического офиса Инженерной школы ГУАП. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации аудитории; лабораторное оборудование по изучению киберфизических систем, электрооборудования, систем электроснабжения.	418 (Московский пр., д. 149 ВА)

#### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 60% тестовых заданий**.

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
	1. Структура электрических систем и сетей. 2. По каким принципам осуществляется предварительный выбор вариантов конфигурации сети? 3. Какое напряжение называют номинальным напряжением? Ряд номинальных напряжений. 4. Уровни электроснабжения промышленных предприятий. Как выбирается номинальное напряжение сети? 5. Требования, предъявляемые к электрическим сетям. 6. Как учитывается требуемый уровень надежности электроснабжения при выборе схемы электрической сети?	ПК-1.Д.3

	<p>7. Категории потребителей по степени надежности электроснабжения.</p> <p>8. Методика выбора сечения проводов ВЛ. Поясните физический смысл индуктивного сопротивления ВЛ и трансформатора.</p> <p>9. Понятие экономической плотности тока.</p> <p>10. Какие факторы определяют максимальную допустимую температуру нагрева проводов и кабелей?</p> <p>11. Как проверяют провода по допустимому нагреву электрическим током?</p> <p>12. Графики нагрузок ЭП. Показатели, характеризующие приемники ЭЭ и их графики нагрузки.</p> <p>13. Доказать, что существует связь между годовым графиком нагрузки и временем использования максимальной нагрузки.</p> <p>14. Для чего делается расщепление проводов фазы?</p> <p>15. Поясните понятие “расчетная нагрузка узла электрической сети (подстанции)”.</p> <p>16. Схема замещения ВЛ (КЛ). Физический смысл составляющих схемы замещения.</p> <p>17. Схема замещения двухобмоточного трансформатора – каким физическим явлениям соответствуют ее элементы?</p> <p>18. Схема замещения трехобмоточного (авто) трансформатора.</p> <p>19. Зарядная мощность ВЛ. Физический смысл, расчетное выражение.</p> <p>20. Цель проведения опытов “холостого хода” и “короткого замыкания” трансформаторов. Как определить параметры схемы замещения трансформатора по его паспортным данным?</p> <p>21. Методика выбора трансформаторов на подстанциях.</p> <p>22. Условия параллельной работы трансформаторов.</p> <p>23. Пояснить маркировку выбранных трансформаторов.</p> <p>24. Что называется типовой мощностью автотрансформатора?</p> <p>25. Какие цели преследуются при расчетах режимов сети?</p>	
	<p>26. Как производится расчет замкнутой сети в “два этапа”?</p> <p>27. Поясните понятие “точка потокораздела”.</p> <p>28. Особенности расчета режима минимальных нагрузок и послеаварийного режима электрической сети.</p> <p>29. Падение и потеря напряжения на участке сети.</p> <p>30. Векторная диаграмма напряжений и токов участка электрической сети.</p> <p>31. Определение потерь мощности в ЛЭП и трансформаторах.</p> <p>32. Методы определения потерь электроэнергии.</p> <p>33. Что такое время максимальных потерь?</p> <p>34. Методы снижения потерь электроэнергии.</p> <p>35. Что произойдет, если в системе не будет обеспечен баланс активной мощности?</p> <p>36. К каким последствиям может привести нарушение баланса реактивной мощности?</p> <p>37. Какие источники реактивной мощности Вам известны?</p> <p>38. Для чего применяют компенсирующие устройства?</p> <p>39. Как определяется мощность компенсирующих устройств?</p> <p>40. Из чего складываются ежегодные издержки на эксплуатацию сети?</p> <p>41. Как определяют капиталовложения в сеть?</p> <p>42. Назовите основные технико-экономические показатели сети, поясните их экономический смысл.</p>	ПК-3.Д.3

	43. Поясните экономическую сущность издержек на амортизацию. 44. Чем отличаются параметры схемы замещения повышающего и понижающего трансформатора? 45. Показатели качества электроэнергии. 46. Что понимают под встречным регулированием напряжения? 47. Способы и средства регулирования напряжения в электрических системах. 48. Как выбрать необходимое ответвление трансформатора? 49. Чем отличаются понятия: отклонение напряжения, колебания напряжения, падение напряжения? 50. Особенности выбора ответвлений у трансформаторов с ПБВ.	
--	---	--

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы	
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
<b>1 тип.</b> Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора  Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа		
1.1	Какой из ниже перечисленных факторов наиболее влияет на устойчивость энергосистемы?  а) Изменение частоты  б) Колебания напряжения  в) Аварийные перегрузки линий электропередачи  г) Асинхронные режимы	ПК-3.Д.3
1.2	Какой метод расчета параметров трансформатора наиболее точен при проектировании?  а) Метод эквивалентной схемы	ПК-1.Д.3



	b) Метод конечных элементов c) Метод цепей d) Метод средних потерь	
1.3	Какая из технологий наиболее эффективно используется для создания цифровых двойников энергосистем? a) Виртуальная реальность b) Машинное обучение c) Системы автоматизированного проектирования (САПР) d) ГИС-системы	ПК-1.Д.3 ПК-3.Д.3
<p><b>2 тип.</b> Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</p>		
2.1	Какие меры применяются для предотвращения асинхронных режимов в энергосистеме? Выберите все правильные ответы. a) Установка стабилизаторов частоты b) Использование релейной защиты c) Прогнозирование нагрузок d) Регулярное техническое обслуживание оборудования	ПК-3.Д.3
2.2	Какие параметры необходимо учитывать при выборе электрооборудования для нового объекта? Выберите два правильных ответа. a) Стоимость оборудования b) Условия эксплуатации c) Внешний вид оборудования d) Энергоэффективность	ПК-1.Д.3
2.3	Какие функции могут выполнять цифровые двойники энергосистем? Выберите два правильных ответа. a) Мониторинг состояния оборудования в реальном времени b) Упрощение бухгалтерского учета c) Прогнозирование аварийных ситуаций d) Повышение эстетической привлекательности объекта	ПК-1.Д.3 ПК-3.Д.3
<p><b>3 тип.</b> Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце</p>		

3.1	<p>Установите соответствие между типами нарушений в работе энергосистемы и их причинами.</p> <table><tr><td><b>Тип нарушения</b></td><td><b>Причина</b></td></tr><tr><td>1. Лавинная перегрузка частоты</td><td>a. Короткое замыкание</td></tr><tr><td>2. Аварийное отключение ЛЭП</td><td>b. Нарушение синхронизации генераторов</td></tr><tr><td>3. Асинхронный режим</td><td>c. Перегрузка из-за резкого увеличения нагрузки</td></tr><tr><td>4. Перегрузка напряжения</td><td>d. Недостаточная генерация электроэнергии</td></tr></table>	<b>Тип нарушения</b>	<b>Причина</b>	1. Лавинная перегрузка частоты	a. Короткое замыкание	2. Аварийное отключение ЛЭП	b. Нарушение синхронизации генераторов	3. Асинхронный режим	c. Перегрузка из-за резкого увеличения нагрузки	4. Перегрузка напряжения	d. Недостаточная генерация электроэнергии	ПК-3.Д.3
<b>Тип нарушения</b>	<b>Причина</b>											
1. Лавинная перегрузка частоты	a. Короткое замыкание											
2. Аварийное отключение ЛЭП	b. Нарушение синхронизации генераторов											
3. Асинхронный режим	c. Перегрузка из-за резкого увеличения нагрузки											
4. Перегрузка напряжения	d. Недостаточная генерация электроэнергии											
3.2	<p>Установите соответствие между методами расчета параметров электрооборудования и их особенностями.</p> <table><tr><td><b>Метод расчета</b></td><td><b>Особенность</b></td></tr><tr><td>1. Метод эквивалентной схемы</td><td>a. Высокая точность при моделировании полей</td></tr><tr><td>2. Метод цепей</td><td>b. Упрощенный расчет для линейных цепей</td></tr><tr><td>3. Метод конечных элементов</td><td>c. Подходит для сложных геометрических форм</td></tr><tr><td>4. Метод средних потерь</td><td>d. Ориентирован на расчет тепловых потерь</td></tr></table>	<b>Метод расчета</b>	<b>Особенность</b>	1. Метод эквивалентной схемы	a. Высокая точность при моделировании полей	2. Метод цепей	b. Упрощенный расчет для линейных цепей	3. Метод конечных элементов	c. Подходит для сложных геометрических форм	4. Метод средних потерь	d. Ориентирован на расчет тепловых потерь	ПК-1.Д.3
<b>Метод расчета</b>	<b>Особенность</b>											
1. Метод эквивалентной схемы	a. Высокая точность при моделировании полей											
2. Метод цепей	b. Упрощенный расчет для линейных цепей											
3. Метод конечных элементов	c. Подходит для сложных геометрических форм											
4. Метод средних потерь	d. Ориентирован на расчет тепловых потерь											
3.3	<p>Установите соответствие между компонентами цифрового двойника и их функциями.</p> <table><tr><td><b>Компонент</b></td><td><b>Функция</b></td></tr><tr><td>1. Сенсоры</td><td>a. Сбор данных в реальном времени</td></tr><tr><td>2. Аналитический модуль</td><td>b. Обработка и анализ данных</td></tr><tr><td>3. Визуализационный интерфейс</td><td>c. Представление данных пользователям</td></tr><tr><td>4. Система управления</td><td>d. Принятие решений на основе данных</td></tr></table>	<b>Компонент</b>	<b>Функция</b>	1. Сенсоры	a. Сбор данных в реальном времени	2. Аналитический модуль	b. Обработка и анализ данных	3. Визуализационный интерфейс	c. Представление данных пользователям	4. Система управления	d. Принятие решений на основе данных	ПК-1.Д.3 ПК-3.Д.3
<b>Компонент</b>	<b>Функция</b>											
1. Сенсоры	a. Сбор данных в реальном времени											
2. Аналитический модуль	b. Обработка и анализ данных											
3. Визуализационный интерфейс	c. Представление данных пользователям											
4. Система управления	d. Принятие решений на основе данных											
<p><b>4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности</b></p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо</p>												
4.1	<p>Установите последовательность шагов для восстановления энергосистемы после крупной аварии:</p> <p>a) Оценка масштаба повреждений</p> <p>b) Восстановление работы ключевых генераторов</p> <p>c) Включение потребителей</p> <p>d) Восстановление линий электропередачи</p>	ПК-3.Д.3										
4.2	<p>Установите последовательность действий при разработке проектного решения для нового электрообъекта:</p> <p>a) Сбор исходных данных</p> <p>b) Выбор методики расчета</p> <p>c) Проведение расчетов</p> <p>d) Оценка и корректировка проекта</p>	ПК-1.Д.3										

4.3	Установите последовательность этапов создания цифрового двойника энергосистемы:  а) Разработка модели  б) Сбор данных с сенсоров  с) Анализ данных  д) Визуализация результатов	ПК-1.Д.3 ПК-3.Д.3
<b>5 тип.</b> Задание открытого типа с развернутым ответом  Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
5.1	Опишите процесс анализа и систематизации экспериментально полученных данных в исследовании устойчивости работы энергосистемы.	ПК-3.Д.3
5.2	Опишите процесс выбора и обоснования методов расчета параметров электрооборудования при проектировании нового объекта.	ПК-1.Д.3
5.3	Опишите процесс оптимизации работы объекта энергосистемы с использованием цифрового двойника.	ПК-1.Д.3 ПК-3.Д.3

Примечание: СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.

**1-й тип.** Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

**2-й тип.** Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

**3-й тип.** Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

**4-й тип.** Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

**5-й тип.** Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала представлена в таблице 4.

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах.

*Учебным планом не предусмотрено.*

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий.

*Учебным планом не предусмотрено.*

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ. В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося.

Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Пример задания для Лабораторной работы № 1 «Переключения при включении и отключении присоединений»

Цель работы: изучить и осуществить сборку схем распределительных устройств, определить и последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами, и действия персонала при включении и отключении линии электропередачи.

Указания к выполнению лабораторной работы.

#### **Включение и отключение линии электропередачи**

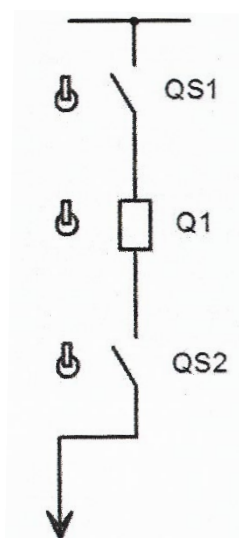


Рис. 1 Схема эксперимента

Последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами при включении и отключении присоединений воздушных и кабельных линий:

- а) проверить отключенное положение выключателей;
- б) включить шинный разъединитель QS1;
- в) включить линейный разъединитель QS2;
- г) включить выключатель Q1.

Отключение:

- а) отключить выключатель Q1;

- б) отключить линейный разъединитель QS2;
- в) отключить шинный разъединитель QS1.

Пример задания для Лабораторной работы № 2 «Переключения при переводе присоединений с одной системы шин на другую»

Цель работы: изучить и осуществить сборку схем распределительных устройств, определить и последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами и действия персонала при следующих ситуациях:

- 1) перевод всех присоединений с рабочей системы шин на резервную с помощью шиносоединительного выключателя;
- 2) перевод всех присоединений с рабочей системы шин на резервную при отсутствии шиносоединительного выключателя;
- 3) перевод всех присоединений с одной системы шин на другую с помощью шиносоединительного выключателя при фиксированном распределении присоединений по системам.

Указания к выполнению лабораторной работы.

Перевод всех присоединений с одной системы шин на другую с помощью шиносоединительного выключателя при фиксированном распределении присоединений по системам.

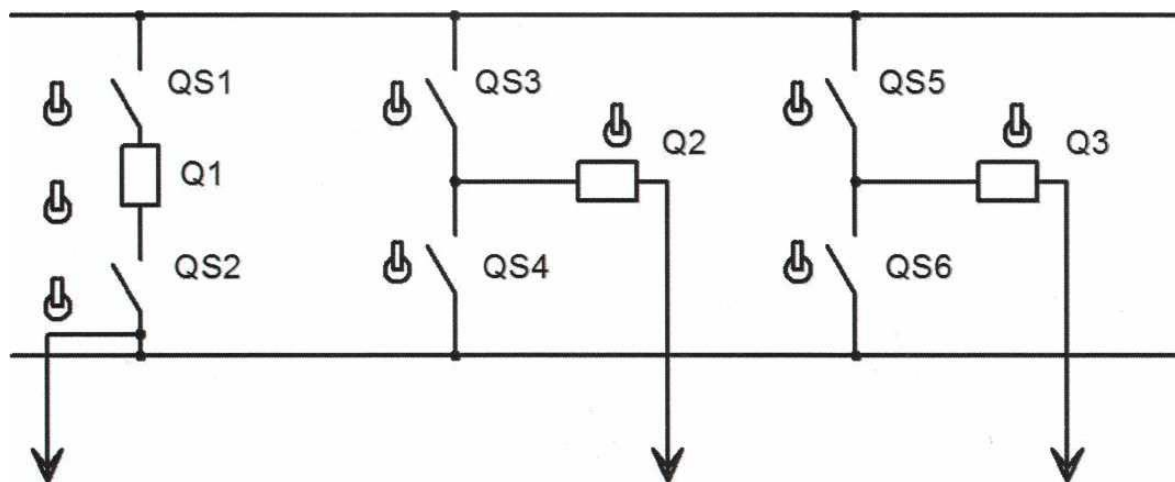


Рис 2. Схема эксперимента

Последовательность операций и действий персонала при переводе всех присоединений, находящихся в работе, с одной системы шин на другую с помощью шиносоединительного выключателя в электроустановках с фиксированным распределением присоединений по системам шин:

- а) включается ШСВ Q1 (если он был отключен) переводятся УРОВ и защита шин в режим работы с нарушением фиксации;
- в) снимается оперативный ток с привода и защит ШСВ;
- г) отключается АПВ шин (если оно предусмотрено);
- д) проверяется на месте, включен ли ШСВ;

- е) включаются шинные разъединители всех переводимых присоединений на ту систему шин QS4, которая остается в работе, и проверяется положение разъединителей;
- ж) отключаются шинные разъединители всех переводимых присоединений от освобождаемой системы шин QS3; проверяется положение разъединителей;
- з) переключается питание цепей напряжения защит, автоматики и измерительных приборов на трансформатор напряжения той системы шин, которая остается в работе, если питание не переключается автоматически;
- и) подается оперативный ток на привод и защиты ШСВ;
- к) убеждаются по амперметру в ОТСУТСТВИИ нагрузки на ШСВ и отключают Q1;
- л) убеждаются по вольтметрам в ОТСУТСТВИИ напряжения на освобожденной системе шин.

Пример задания для Лабораторной работы №3. «Переключения при выводе оборудования в ремонт и при вводе его в работу после ремонта»

Цель работы: изучить и осуществить сборку схем распределительных устройств, определить и последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами, и действия персонала при выводе в ремонт системы шин, находящейся в состоянии резерва, при отключенном шиносоединительном выключателе и ввод его в работу после ремонта.

Указания к выполнению лабораторной работы.

**Вывод в ремонт системы шин, находящейся в состоянии резерва, при отключенном шиносоединительном выключателе и ввод его в работу после ремонта**

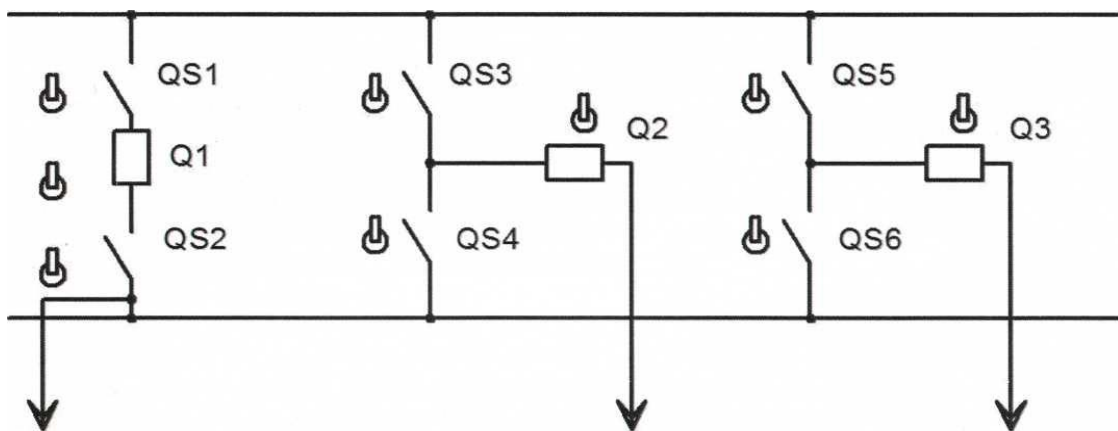


Рис.3 Схема эксперимента

Последовательность операций и проверочных действий оперативного персонала при выводе в ремонт системы шин, находящейся в состоянии резерва (ШСВ отключен):

- а) повесить на ключе управления ШСВ плакат «Не включать — работают люди»;
- б) проверить на месте, что ШСВ отключен, отключить его шинный разъединитель резервной системы шин QS2 и проверить его отключенное положение. При необходимости **отключить шинный разъединитель рабочей системы шин QS1 ШСВ** и проверить его отключенное положение;
- в) снять предохранители (или отключить автоматические выключатели) со стороны низшего напряжения трансформатора напряжения резервной системы шин, запереть шкаф, где установлены предохранители (автоматические выключатели), и повесить плакат «Не включать — работают люди»;
- г) отключить шинный разъединитель трансформатора напряжения резервной системы шин и проверить положение разъединителя;
- д) **ОТКЛЮЧИТЬ шинные разъединители всех присоединений QS4, QS6 от выводимой в ремонт системы шин**

е) проверить, отключены ли шинные разъединители всех присоединений от выводимой в ремонт системы шин и запереть ПРИВОДЫ разъединителей на замок. На приводах отключенных разъединителей повесить плакаты «Не включать — работают люди»:

ж) убедиться в отсутствии напряжения на токоведущих частях, где должны быть наложены заземления. Включить заземляющие ножи или наложить переносные заземления там, где нет стационарных заземляющих ножей;

з) выполнить другие технические мероприятия, обеспечивающие безопасное производство работ (установить ограждения, повесить соответствующие плакаты на рабочем месте).

Пример задания для Лабораторной работы № 4. «Переключения при выводе в ремонт выключателя и при вводе его в работу после ремонта»

Цель работы: изучить и осуществить сборку схем распределительных устройств, определить и последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами, и действия персонала выводе в ремонт выключателя присоединения путем замены его обходным выключателем и ввод его в работу после ремонта.

Указания к выполнению лабораторной работы.

Вывод в ремонт выключателя присоединения путем замены его обходным выключателем и ввод его в работу после ремонта

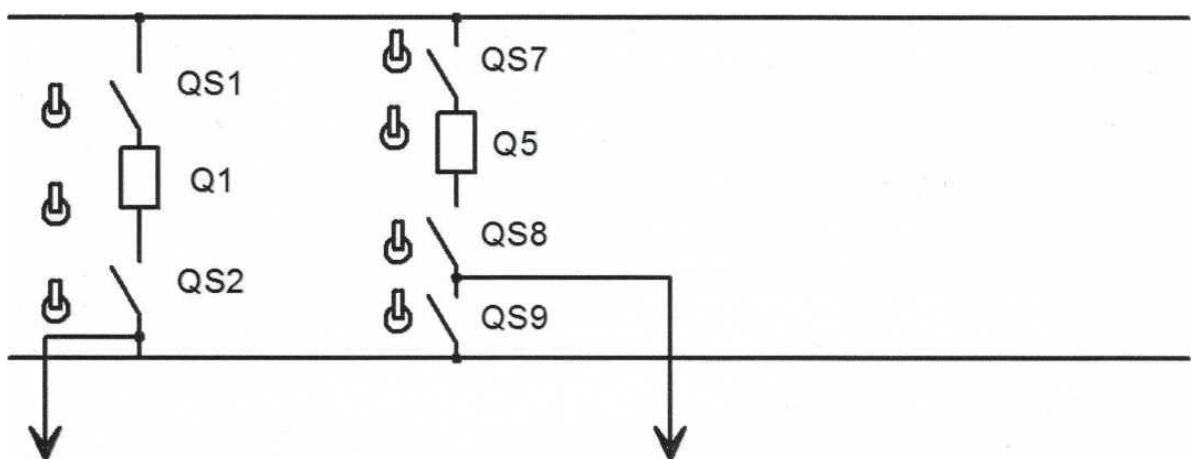


Рис.4 Схема эксперимента

Основные операции при выводе в ремонт выключателя присоединения и замене его обходным выключателем:

а) подготовить схему обходного выключателя для опробования напряжением обходной системы шин от рабочей системы шин, на которую включено присоединение с выводимым в ремонт выключателем;



б) включить обходной выключатель с уставками «опробования» на его защитах, с введенной защитой шин, включенной по оперативным цепям на отключение обходного выключателя, и включенным пуском УРОВ от защит; проверить наличие напряжения на обходной системе шин;

в) отключить обходной выключатель. Проверить отключенное положение обходного выключателя и **включить на обходную систему шин разъединитель присоединения QS9**, выключатель которого выводится в ремонт;

г) ввести с помощью испытательных блоков в схему защиты шин цепи трансформаторов тока обходного выключателя как выключателя присоединения; на защитах обходного выключателя выставить уставки, соответствующие уставкам защит данного присоединения; отключить быстродействующие защиты (ЛФЗ, ДЗЛ и др.) со всех сторон защищаемого присоединения;

Пример задания для Лабораторной работы № 5 «Определение величины емкости конденсаторной батареи для продольного включения в сеть на головном участке моделируемой сети с целью полной компенсации индуктивного сопротивления линии»

1. Для схемы, изображенной на рисунке ниже определить параметры для

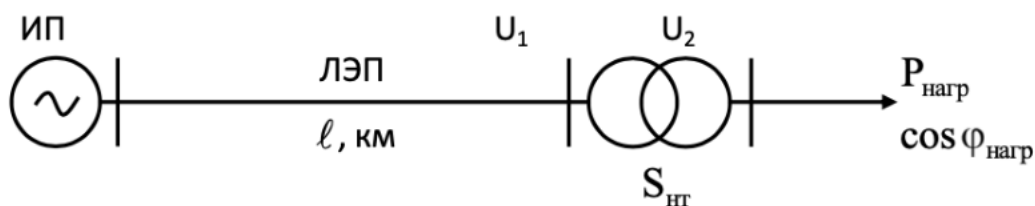


Рис. 5 Схема моделируемой сети

создания модели в программных пакетах Matlab или Siminteh. Схема состоит из источника питания ИП, одноцепной ЛЭП, длиной  $L$  силового трансформатора номинальной мощностью  $S_{нт}$  номинальным напряжением обмоток  $U_1$   $U_2$ , К трансформатору подключена нагрузка на напряжении  $U_2$ , с мощностью  $P_{нагр}$  и коэффициентом мощности  $\cos \varphi_{нагр}$ .

2. Выполнить моделирование сети с помощью стандартных блоков программы MATLAB.

3. Найти напряжение на шинах источника, токи на стороне высокого и низкого напряжений, коэффициент мощности у источника питания. Сравнить коэффициенты мощности источника питания и нагрузки, сделать вывод.

4. Исследовать на созданной модели сети влияние коэффициента загрузки трансформатора на потери мощности в сети.

5. На шинах нагрузки подключить конденсаторную батарею, оценить влияние реактивной мощности генерируемой батареей, на величину потерь напряжения и потерь мощности в линии.

6. Определить величину емкости конденсаторной батареи для продольного включения в сеть на головном участке моделируемой сети с целью полной компенсации индуктивного сопротивления линии, оценить, насколько при этом увеличивается напряжение на выходе конденсаторной батареи по сравнению с напряжением на входе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Название учебного заведения

КАФЕДРА № \_\_\_\_

ОТЧЕТ  
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень,  
звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

по курсу:

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 20\_\_

Содержание отчета:

**Цель работы:** \_\_\_\_\_

**Задачи:**

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

### **Теоретические сведения**

В отчете по лабораторной работе обязательно должны быть указаны теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы, в том числе данные об установке, на которой выполнялась работа.

### **Расчетно-графическая часть**

В начале указываются исходные данные, расчеты, графические построения.

### **Выводы**

Отчет по лабораторной работе обязательно должен содержать выводы по лабораторной работе, в которой должны отражаться факты достижения цели.

### **Список используемой литературы**

Список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

#### Требования к оформлению отчета

##### **1. Общие требования**

1.1. В соответствии с ГОСТ 7.32-2017 – СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления отчет по лабораторной работе оформляется любым печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

1.2. В отчете по лабораторной работе допускается интервал 1.0 и 1.5, кегль не менее 12, выравнивание по ширине, отступ красной строки 1.0.

1.3. Цвет шрифта должен быть черным.

##### **2. Нумерация страниц отчета**

2.1. Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляется в низу каждого листа по центру.

2.2. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

### **3. Нумерация разделов и подразделов отчета**

3.1. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами.

3.2. Разделы могут быть разбиты на подразделы. Нумерация подразделов составляется из номера раздела и подраздела, обозначенного через точку, например, «1.1.». В конце названия разделов и подразделов точка не ставится.

### **4. Иллюстрации**

4.1. Иллюстрации подписываются снизу арабскими цифрами через пробел после слова «Рисунок» и имеют либо сквозную нумерацию, либо нумерацию в соответствии с разделами отчета.

4.2. Все иллюстрации (рисунки) должны иметь название, которое указывается после номера иллюстрации через тире, например, «Рисунок 1 – Структурная схема одноконтурной САР».

4.3. Подписи всех иллюстраций выравниваются по центру строки.

### **5. Графики**

5.1. Графики должны быть четкими. При оформлении графиков необходимо указывать обозначения координатных осей и самих графиков.

5.2. Если графики отражают сравнение двух экспериментов, рекомендуется их выполнение в одной системе координат.

### **6. Таблицы**

6.1. В отчете по лабораторной работе рекомендуется сквозная нумерация таблиц. Допускается нумерация таблиц в пределах раздела отчета. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

6.2. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

6.3. Нумерация таблиц производится со словом «Таблица» без знака «No», например, «Таблица 1».

6.5.4. Каждая таблица должна иметь название, которое следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы.

*Учебным планом не предусмотрено.*

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- справочные и нормативно-технические материалы по режимам работы электроэнергетических систем;
- расчетные схемы, графики нагрузок, примеры режимных расчетов и оперативной документации;
- индивидуальные задания и рекомендации преподавателя.

Самостоятельная работа по дисциплине направлена на закрепление теоретических знаний и практических навыков в области управления и анализа режимов работы электроэнергетических систем. В ходе самостоятельной работы обучающийся изучает материалы лекций, повторяет основные понятия нормальных, аварийных и послеаварийных режимов, анализирует причины перегрузок линий электропередачи, отключений элементов сети, нарушения устойчивости, лавинных процессов по частоте и напряжению.

Особое внимание при самостоятельной подготовке следует уделять вопросам планирования режимов ЭЭС, прогнозирования электрических нагрузок, выбора резервов мощности, восстановления энергосистемы после крупных аварий, эксплуатации элементов электрических сетей, выбора оперативных схем, организации ремонтов оборудования и программирования оперативных переключений.

В процессе самостоятельной работы обучающийся должен уметь работать с расчетными схемами электрических сетей, анализировать эксплуатационные режимы разомкнутых и замкнутых сетей, оценивать допустимость режима по напряжению, току, нагрузке оборудования и условиям надежности электроснабжения.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль по дисциплине проводится для проверки усвоения обучающимися основных теоретических положений и практических навыков, связанных с управлением режимами работы электроэнергетических систем, анализом нормальных и аварийных режимов, планированием режимов, эксплуатацией элементов электрических сетей и оценкой допустимости эксплуатационных режимов.

В ходе текущего контроля оценивается знание задач и организации управления режимами ЭЭС, особенностей ведения нормального и аварийного режимов, причин перегрузок и отключений линий электропередачи, механизмов развития лавинных процессов, принципов прогнозирования нагрузки, выбора резервов, разработки режимов на различных временных уровнях и восстановления энергосистемы после аварий.

Формами текущего контроля могут являться устный опрос, письменный опрос, тестирование, проверка расчетных заданий, защита лабораторных работ, выполнение контрольной работы, анализ схем электрических сетей, решение типовых задач по

режимам разомкнутых и замкнутых сетей, а также разбор аварийных и послеаварийных ситуаций.

При подготовке к текущему контролю обучающемуся рекомендуется повторить материалы лекций, изучить основные термины и определения, разобраться в назначении резервов ЭЭС, порядке выбора оперативной схемы, особенностях эксплуатации линий электропередачи, трансформаторов и распределительных устройств, а также в принципах программирования оперативных переключений.

Результаты текущего контроля учитываются при проведении промежуточной аттестации. Успешное выполнение лабораторных работ, контрольных заданий, тестов и участие в разборе расчетных и ситуационных задач подтверждают готовность обучающегося к сдаче зачета или экзамена по дисциплине. При наличии неудовлетворительных результатов текущего контроля обучающемуся могут быть выданы дополнительные задания для устранения пробелов в освоении материала.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 60 минут.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой