МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
_____ В.Р. Храмшин

04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Электроснабжение

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий
30.01.2025 г., протокол № 4

Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025 г., протокол № 3

Председатель _____ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
зав. кафедрой ЭПП, канд. техн. наук _____ А.В. Варганова

Рецензент:
зам. начальника ЭТО
АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ» _____ А.Ю. Литвинов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Подготовка обучающихся в вопросах, связанных с изучением основных источников питания электроэнергией объектов, структурных схем главных понижающих подстанций, районных электрических сетей питающих энергосистем, распределительных электрических сетей внутризаводского электроснабжения, режимов работы электрических сетей.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электроэнергетические системы и сети входит в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Электроэнергетика

Математика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Переходные процессы в электроэнергетических системах

Производственная-технологическая практика

Электрические станции и подстанции

Электроснабжение

Надежность систем электроснабжения

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная-преддипломная практика

Управление качеством электрической энергии

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электроэнергетические системы и сети» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования и проводить обоснование проектных решений, а также оформлять техническую документацию на различных стадиях разработки проекта	
ПК-3.1	Разрабатывает и оформляет комплекты проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства
ПК-3.2	Выбирает оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов на различных стадиях проекта системы электроснабжения объекта капитального строительства
ПК-3.3	Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства
ПК-5 Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности	
ПК-5.3	Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА

4 Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 94,7 акад. часов:
– аудиторная – 90 акад. часов;
– внеаудиторная – 4,7 акад. часов;
– самостоятельная работа – 31,6 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 0 акад. час;
– подготовка к экзамену – 17,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Основные источники питания электроэнергии объектов. Современные и перспективные источники электроэнергии. Типы электрических станций, участвующих в выработке электроэнергии. Основные особенности различных типов электростанций. Основные требования к главным схемам электроустановок. Главные схемы ТЭЦ. Главные понижающие подстанции, их структуры, схемы. Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ и подстанциях. Основное электрооборудование	5	2		1	2	Подготовка к АКР №1. Выполнение индивидуальног о задания (ИЗ) №1	АКР№1, ИЗ №1	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
Итого по разделу		2		1	2			
2. Раздел 2								

2.1 Общие сведения об электроэнергетических системах. Особенности электроэнергетических систем, их классификация. Типы конфигураций электрических сетей. Объединение энергетических систем. Управление электроэнергетическими системами. Планирование и проектирование развития энергосистем. Режимы электроэнергетической системы. Балансы активных и реактивных мощностей в энергосистеме, меры по их обеспечению. Принципы обеспечения надежности, резервирования и качества электроэнергии в электроэнергетической системе.	5	2			3	Подготовка к АКР №2	АКР№2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		2			3			
3. Раздел 3								

3.1 Передача и распределение электроэнергии. Электрические нагрузки узлов электрических сетей, представление нагрузок в расчетных схемах электрических сетей. Схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов. Определение параметров схем замещения различных элементов электрических сетей. Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Линии электропередачи переменного и постоянного тока высоких, сверхвысоких и ультравысоких напряжений. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в нормальных и послеаварийных режимах. Понизительные, повысительные, преобразовательные и инверторные подстанции электроэнергетических систем. Принципиальные схемы электрических соединений районных подстанций. Пути повышения пропускной способности электропередачи. Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Общие сведения по оптимизации режимов электроэнергетических систем.	5	3		3	2	Подготовка к АКР №2 ИЗ №2 ИЗ №3	АКР №2, ИЗ №2, ИЗ №3	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
Итого по разделу		3		3	2			
4. Раздел 4								

4.1 Конструктивное выполнение линий электрических сетей. Общая характеристика условий работы воздушных линий. Провода, изоляция, линейная арматура воздушных линий, опоры ЛЭП. Характеристика кабельных линий и условия их работы. Основные сведения о конструкциях кабелей и кабельной арматуры. Токопроводы промышленных предприятий. Внутренние электрические линии, выполненные проводами, шнурами.	5	1	20		3	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №70, 76, 77, 79, 79а. Подготовка к АКР №3	Защита лабораторных работ №70, 76, 77, 79, 79а; АКР №3	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		1	20		3			
5. Раздел 5								
5.1 Расчет районных и местных распределительных сетей. Параметры электрических сетей. Проектирование электрических сетей питающих энергосистем, включая выбор схемных решений, параметры основного электрооборудования. Особенности расчета местных сетей. Расчет замкнутых электрических сетей; распределение мощностей в линиях с двухсторонним питанием, распределение мощностей в линиях с двухсторонним питанием при разных напряжениях в питательных пунктах; распределение мощностей с учетом потерь мощности на участках сети. Распределение мощностей в сложных замкнутых сетях. Расчеты основных режимов и регулирования напряжения.	5	2	14	4	2	РГР№1 Подготовка к АКР №3 Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ № 73, 74, 78	РГР№1, АКР №3, защита лабораторных работ № 73, 74, 78	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
Итого по разделу		2	14	4	2			
6. Раздел 6								

6.1 Выбор сечений жил проводов ВЛЭП и кабелей – Основы выбора сечений проводов и кабелей. Выбор экономически целесообразных сечений проводов и кабелей; выбор сечений проводников в местных сетях по допускаемой потере напряжения; области применения дополнительных условий при выборе сечений по допускаемой потере напряжения. Проверка сечений проводов и кабелей по условиям нагрева.	5	2		1	2	ИЗ №4, РГР №1 Подготовка к АКР №3	АКР№3, ИЗ №4, РГР №1	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		2		1	2			
7. Раздел 7								
7.1 Технико-экономические расчеты электрических сетей – Основные технико-экономические показатели и критерии выбора оптимального варианта электрической сети. Вероятность перерывов электроснабжения и надежность элементов электрической сети. Учет фактора надежности при проектировании электрической сети. Основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии.	5	3		3	1	ИЗ №5, подготовка к АКР №4, РГР №1	ИЗ №5, АКР №4, РГР №1	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		3		3	1			
8. Раздел 8								

8.1 Режимы работы электрических сетей в составе энергетической системы Общие сведения о работе электрических систем. Регулирование напряжения и реактивной мощности. Способы и средства регулирования напряжения в электрических сетях. Баланс активной и реактивной мощностей электроэнергетических систем. Регулирование частоты. Особенности регулирования напряжения в электросетях, основы компенсации реактивных нагрузок.Современные источники реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий. Выбор мощности источников реактивной мощности и экономически целесообразное размещение их в электросетях.Качество электрической энергии и его обеспечение в электросетях промышленных предприятий. Влияние качества электрической энергии на работу электроприемников и электроаппаратов. Показатели качества.	5	3	2		1	Подготовка к АКР №4 Подготовка к выполнению и защите ЛР №72	АКР №4, защита ЛР №72	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
Итого по разделу		3	2		1			
9. Подготовка к промежуточной аттестации								
9.1 Подготовка к сдаче экзамена	5					Подготовка к сдаче экзамена	Экзамен	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
Итого по разделу								
10. Выполнение курсового проекта								
10.1 Выбор номинального напряжения и конфигурации сети	5			1	1	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
10.2 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов понизительных подстанций, их проверка по нагрузочной способности				2	1	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

10.3 Выбор воздушных линий электропередачи				3	1	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
10.4 Выбор рационального варианта электрической сети				9	2	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
10.5 Расчет технико-экономических показателей вариантов электрической сети				4	1	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
10.6 Уточненный расчет принятого варианта электрической сети				3	1	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
10.7 Выбор компенсирующих устройств				1	1	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
10.8 Выбор коммутационных аппаратов и схемы подключения подстанции к сети				1	1,6	Расчет, подготовка и оформление раздела курсового проекта	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
10.9 Защита курсового проекта					6	Подготовка доклада и демонстрационн ого листа	Курсовой проект	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-5.3
Итого по разделу				24	15,6			
Итого за семестр		18	36	36	31,6		экзамен,кп	
Итого по дисциплине		18	36	36	31,6		курсовой проект, экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электроэнергетические системы и сети» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятиях используются работа в команде и методы IT.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки расчетно-графических работ, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Антонов, С. Н. Проектирование электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Н. Антонов, Е. В. Коноплев, П. В. Коноплев, А. В. Ивашина; Ставропольский гос. аграрный ун-т. – Ставрополь, 2014. – 104 с. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/514943 (дата обращения: 19.03.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Дубина, И. А. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие / И. А. Дубина, А. В. Варганова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с титул. экрана. - URL: https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20505 (дата обращения: 19.03.2025). – Макрообъект. – Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

б) Дополнительная литература:

1. Николаева, С. И. Электроэнергетические сети и системы: Учебное пособие / Николаева С. И. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. – 64 с. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1007833 (дата обращения: 19.03.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Николаева, С. И. Расчет режимов электрических сетей: Практикум / Николаева С.И. - Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. - 60 с. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1007827 (дата обращения: 19.03.2025). – Режим доступа: по подписке.

3. Ананичева, С. С. Электроэнергетические системы и сети. Примеры и задачи : учебник для вузов / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг ; под научной редакцией Е. Н. Котовой. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 177 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07672-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/564683 (дата обращения: 19.03.2025).

4. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/561003 (дата обращения: 19.03.2025).

5. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» https://www.powervestniksusu.ru/index.php/PVS.

6. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» http://esik.magtu.ru/ru/.

7. Журнал «Вестник Ивановского государственного энергетического университета» http://vestnik.ispu.ru/.

в) Методические указания:

1. Дубина, И. А. Проектирование районных и местных электрических сетей : учебное пособие / И. А. Дубина, О. В. Газикова, А. В. Кочкина. – Магнитогорск : МГТУ, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с титул. экрана. – URL: https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3908 (дата обращения: 19.03.2025). – Макрообъект. – Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие / И. А. Дубина, О. В. Газизова, А. В. Кочкина, Ю. Н. Кондрашова ; МГТУ. – Магнитогорск : МГТУ, 2015. – 159 с. : ил., табл., схемы. – URL: https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/155 (дата обращения: 19.03.2025). – Макрообъект. – Текст : электронный. – ISBN 978-5-9967-0566-5. – Имеется печатный аналог.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
АСКОН Компас 3D	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Российская Государственная библиотека. Каталоги	URL: https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	URL: https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа - мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ - лаборатория электрических измерений (Межфакультетская лаборатория моделирования систем электроснабжения ауд. 217). Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ:

- стенд лабораторный КЭЭСЭСТ1-С-К «Качество электроэнергии в системах электроснабжения»;
- комплект типового лабораторного оборудования «Определение повреждений кабельных линий»;
- стенд лабораторный ЭЭ1-Л-Н-Р «Модель электротехнической системы»;
- комплект типового оборудования «Модель длинной линии электропередачи».

3. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации доска, мультимедийный проектор, экран.

4. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования; инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(обязательное)

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение расчетно-графических работ, индивидуальных заданий, аудиторных контрольных работ и курсового проекта на практических занятиях, а также выполнения и защиту лабораторных работ на лабораторных занятиях

Перечень контрольных вопросов к экзамену:

1. Определение сечений проводов по допустимой потере напряжения по условию равенства плотности тока на всех участках сети.
2. Изоляция воздушных и кабельных ЛЭП. Габариты воздушных линий электропередачи. Механический расчет.
3. Регулирование напряжения в эл. сетях и системах.
4. Воздушные линии эл. передач. Конструктивное исполнение воздушных ЛЭП.
5. Выбор сечения проводов по условию постоянства сечения проводов на всех участках сети.
6. Качество электроэнергии. Показатели качества.
7. Выбор сечения проводов по условию минимума расхода металла.
8. Регулирование напряжения в электрических сетях изменением напряжения на шинах эл. станций.
9. Батареи статических конденсаторов и синхронные компенсаторы как источники реактивной мощности.
10. Регулирование напряжения в эл. сетях изменением сопротивления элементов сети.
11. Определение вероятности перерывов ЭС потребителей в связи с повреждаемостью элементов.
12. Кабельные линии. Способы прокладки.
13. Выбор номинального напряжения и конфигурации сети.
14. Регулирование напряжения перераспределением реактивной мощности.
15. Регулирование напряжения изменением коэффициента трансформаторов.
16. Схемы замещения линий электропередачи и трансформаторов. Расчет линий электропередачи по схеме замещения с учетом трансформаторов.
17. Народнохозяйственный ущерб от перерывов электроснабжения
18. Методы определения места повреждения кабелей
19. Структура эл. сетей и систем. Определения. Системы внешнего и внутреннего ЭС.
20. Выбор сечений проводов и кабелей. Методы выбора.
21. Шунтирующие реакторы. Особенности работы, назначение.
22. Основные источники питания э/э объектов. Типы эл. станций
23. Факторы, определяющие построение схем ЭС.
24. Выбор мощности компенсирующих устройств по условию регулирования напряжения.
25. Баланс активных и реактивных мощностей в эл. сети и в системе.
26. Режимы работы нейтрали в электрических сетях.
27. Основные требования к схемам электроснабжения. Выбор схем и напряжений электрических сетей.
28. Определение мощности компенсирующих устройств по условию экономической целесообразности их размещения.
29. Трансформаторы с устройством РПН.

30. Основы выбора сечений проводов и кабелей.
31. Главные задачи проектирования и эксплуатации систем ЭС.
32. Синхронные компенсаторы как источники реактивной мощности. Особенности работы.
33. Основы технико-экономических расчетов эл.сети.
34. Выбор ответвлений трансформатора.
35. Порядок расчета замкнутых местных сетей.
36. Виды повреждения кабелей. Основные сведения о конструкции кабелей. Соединения и оконцевание кабелей.

Перечень лабораторных работ и контрольных вопросов для защиты:

Лабораторная работа № 70 «Определение мест повреждений в линиях электрических сетей»

1. Перечислите возможные виды повреждений линий электрических сетей.
2. Какие операции включает система ОМП.
3. Какие операции включает система ОМП.
4. Для чего необходимо прожигать изоляцию?
5. Достоинства и недостатки дистанционных ОМП.
6. Дайте классификацию методов ОМП.
7. Какие методы ОМП относятся к импульсным?
8. Какие методы ОМП относятся к контактным?
9. Назначение и принцип действия измерителя неоднородностей Р5-10.

Лабораторная работа № 72 «Исследование режимов нейтрали в трёхфазных электрических сетях напряжением до и выше1 кВ»

1. Изолированная и глухозаземлённая нейтрали в электрических сетях напряжением до 1 кВ.
2. Выбор режима работы электрической нейтрали в электрических сетях напряжением выше 1 кВ.
3. Достоинства и недостатки электрической сетей: с изолированной нейтралью, с компенсированной нейтралью, с глухозаземлённой и эффективно заземлённой нейтралью, область применения таких сетей.
4. Построить векторную диаграмму токов и напряжений при замыкании на землю фазы *B* в сети с изолированной нейтралью.
5. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для сети с ДГР в электрической нейтрали в аварийном режиме.
6. В каких случаях возникает необходимость заземления нейтрали через дугогасящий реактор? Каким свойством должен обладать дугогасящий реактор?
7. Причины и условия появления перемежающейся дуги и её последствия.

Лабораторная работа № 73 «Определение потерь электрической энергии в распределительных сетях»

1. Как определяются потери активной и реактивной мощности ЛЭП?
2. Как производится расчет потерь мощности в разветвленных сетях?
3. Каким образом определяются потери мощности в линии с равномерно-распределенной нагрузкой?
4. Как определяются потери электроэнергии в линиях?
5. Какими видами потерь в трансформаторах сопровождается передача мощности через него?
6. Что такое время наибольших потерь?
7. Как определяются потери активной и реактивной мощности в двухобмоточном трансформаторе?
8. Как определяются потери электроэнергии в двухобмоточном трансформаторе?

Лабораторная работа № 74 «Определение параметров установившегося режима электрической сети с односторонним питанием»

1. Основные методы расчета разомкнутых сетей.
2. Расчетные схемы электрических сетей.
3. Схемы замещения линий электропередач и трансформаторов.
4. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в конце линии постоянное).
5. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в начале линии постоянное).
6. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в конце линии постоянное).
7. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в начале линии постоянное).

Лабораторная работа № 78 «Исследование режимов работы линий с двухсторонним питанием»

1. Преимущества и недостатки замкнутых сетей по сравнению с разомкнутыми.
2. Распределение мощностей в линиях с двухсторонним питанием при одинаковых напряжениях пунктов питания.
3. Определение уравнительных токов и напряжений. В каком случае они возникают?
4. Однородная линия. особенности расчета.
5. Распределение мощностей с учетом потерь мощности в сети.
6. Особенности расчета распределения мощностей при двух точках потокораздела.
7. Потери напряжения в сети.

Лабораторная работа № 76 «Воздушные линии электропередачи»

1. Назначение воздушных линий электропередачи.
2. Элементы воздушных линий электропередачи.
3. Конструкции, материал и марки проводов.
4. Изоляция и линейная арматура.
5. Назначение и конструкции опор.
6. Вибрация проводов и борьба с ней.
7. «Пляска» проводов и борьба с ней.
8. Транспозиция проводов ВЛ.
9. Воздушные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Лабораторная работа № 77 «Кабельные линии электропередачи»

1. Элементы кабельной линии.
2. Конструкция кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.
3. Конструкция кабелей с пластмассовой изоляцией.
4. Маркировка силовых кабелей напряжением до 10 кВ.
5. Конструкция соединительных муфт.
6. Конструкция концевых муфт и заделок.
7. Устройство стопорной муфты.
8. Способы прокладки кабельных линий в земле.
9. Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях.

Лабораторная работа № 79 «Токопроводы промышленных предприятий»

1. В каких случаях находят применение промышленные токопроводы?
2. Виды токопроводов и их особенность.
3. Особенность электроснабжения современных энергоемких предприятий.
4. Что называется поверхостным эффектом?

5. Что называется эффектом близости?
6. Какие материалы применяются для токопроводов?
7. Способы прокладки токопроводов.
8. Жесткие нессиметричные токопроводы.
9. Жесткие симметричные токопроводы.
10. Гибкие токопроводы.
11. Трубчатые токопроводы.
12. Сравнительная характеристика гибких и жестких токопроводов.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):
АКР-1 по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»

Вариант 1

1. Дайте понятия определениям: электростанция, электрическая сеть, надежность.
2. Опишите главные задачи проектирования и эксплуатации систем электроснабжения, а также основные этапы проектирования.
3. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий электропередачи.

Вариант 2

1. Дайте понятия определениям: электроустановка, распределительное устройство, график нагрузки.
2. Приведите классификацию электростанций и подстанций.
3. Активная и емкостная проводимости линий электропередачи.

Вариант 3

1. Дайте понятия определениям: система электроснабжения, подстанция, время использования наибольших нагрузок.
2. Опишите основные режимы работы электроэнергетических систем.
3. Схемы замещения линий электропередачи.

Вариант 4

1. Дайте понятия определениям: электроэнергетическая система, потребитель электроэнергии, надежность.
2. Баланс активной и реактивной мощности, резерв мощности.
3. Схема замещения двухобмоточного трансформатора.

Вариант 5

1. Дайте понятия определениям: энергосистема, линия электропередачи, время использования наибольших нагрузок.
2. Приведите основные требования к главным схемам электроустановок (электростанций и подстанций)
3. Схема замещения трехобмоточного трансформатора

Вариант 6

1. Дайте понятия определениям: электрическая сеть, распределительное устройство, надежность.
2. Приведите основные характеристики электрических нагрузок
3. Схемы замещения линий электропередачи.

Вариант 7

1. Дайте понятия определениям: электроустановка, потребитель электроэнергии, время использования наибольших нагрузок.

2. Приведите классификацию электроэнергетических систем и их свойства, охарактеризуйте объединение энергетических систем.

3. Схема замещения двухобмоточного трансформатора.

Вариант 8

1. Дайте понятия определениям: подстанция, электроэнергетическая система, график нагрузки.

2. Приведите способы определения рационального напряжения сети.

3. Схема замещения трехобмоточного трансформатора.

Вариант 9

1. Дайте понятия определениям: система электроснабжения, энергосистема, надежность.

2. Представление электрических нагрузок в расчетных схемах электрических сетей

3. Активная и емкостная проводимости линий электропередачи

Вариант 10

1. Дайте понятия определениям: электроустановка, электроэнергетическая система, график нагрузки.

2. Баланс активной и реактивной мощности, резерв мощности.

3. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий электропередачи.

АКР№2 Схемы замещения ЛЭП и трансформаторов

1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 35 кВ протяженностью 21 км, выполненной на двух одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов, район по гололеду 2. На линии подвешены провода марки АС-95/16. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку S=21+j11 МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.

2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного автотрансформатора АТДЦТН-200000/220/110, у которого номинальные мощности обмоток высшего и среднего напряжения равны номинальной мощности автотрансформатора, а номинальная мощность обмотки низшего напряжения составляет 50 % от номинальной мощности автотрансформатора.

АКР№ 3

1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 110 кВ протяженностью 20 км, выполненной на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Расстояние между проводами 5 м. На линии подвешены провода марки АС-185/29. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку S=40+j50 МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.

2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет S=10+j4 МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе.

АКР №4 Технико-экономические расчеты

Рассчитать стоимость сооружения и эксплуатации подстанции 220 кВ и оценить надежность его электроснабжения, если:

1	Тип и количество трансформаторов	2×ТРДЦН-100000/220
2	Количество присоединений на стороне ВН	10
3	ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей	
4	Количество отходящих линий - 8 ВЛ	

Расчетно-графическая работа №1

Магистральная сеть с несколькими нагрузками выполнена воздушными линиями электропередачи, с расположением проводов на железобетонных опорах по вершинам равностороннего треугольника. Схема сети представлена на рис. 1. Требуется определить сечение проводов на участках сети по допустимой потере напряжения, равной 5%:

1) при условии равенства сечения проводов на всех участках сети;
2) при условии минимума расхода металла на провода сети;
3) при условии постоянства плотности тока на всех участках сети.

Выбрать экономически целесообразный вариант электрической сети.

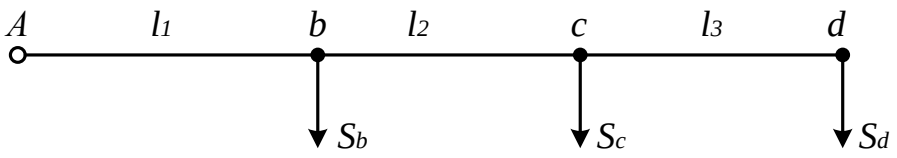

Рис. 1

Исходные данные:

$U_{ном} = 6$ кВ;

Марка провода: А;

Расстояние между проводами на опоре: 0.8 м;

Время использования наибольшей нагрузки: 4200 ч;

Длина участков сети: $l_1 = 1.6$ км; $l_2 = 2$ км; $l_3 = 1$ км;

Нагрузка сети: $S_b = 2.0 + j1.7$ МВА; $S_c = 2.2 + j0.8$ МВА; $S_d = 1.0 + j0.7$ МВА;

Стоимость потерянной электроэнергии: 1.50 руб./кВт·ч.

Индивидуальные задания:

Индивидуальное задание №1

Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ и подстанциях.

1. Выбрать силовые трансформаторы на понизительных подстанциях и станциях.

№ вари-анта	Номинальное высшее напряжение сети,кВ	Номинальное напряжение нагрузки,кВ	Номинальная мощность генератора, МВа	Расчетная мощность нагрузки , МВА	Соотношние потребителей по категориям надежности,%		
					1	2	3
16	110	10	160(cosφ=0.85)	83	70	6	24

2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет S=33+j18 МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе.

Индивидуальное задание №2

Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи, если исходные данные приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Исходные данные для расчета

Вариант	Номинальное напряжение	Тип линии	Протяженность, км	Тип опор	Расположение проводов	Расстояние между проводами, м
1.	10	А-70	15	П10	треугольником	1,5
2.	35	АС-70/11	32	ПБ35-1В	треугольником	3
3.	110	АС-185/29	56	ПБ 110-15	горизонтальное	4
4.	220	АС-240/32	90	1 ПБ-220-1	бочка	7
5.	10	А-120	6	П10	горизонтальное	1

Индивидуальное задание №3

Определить параметры упрощённой схемы замещения трансформатора, если исходные данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Исходные данные для расчета

Вариант	Номинальное напряжение ВН	Тип трансформатора	Дополнительные данные для расчета
1.	500	ТДЦ-400000	
2.	35	ТРДНС-25000	
3.	110	ТРДНС-40000	
4.	220	АТДЦТН-125000	$U_{СН}$=110 кВ; $U_{НН}$=10 кВ (50 % от $S_{номАТ}$)
5.	330	ТРДНС-40000	

Индивидуальное задание №4

Выбрать число и мощность трансформаторов на ГПП, если $U_{номвн}$=110 кВ, $U_{номнн}$=10 кВ, $P_{нагр}$=100 МВт, cosφ=0,7, а потребители III категории составляют 20% от общей нагрузки (имеются потребители I и II категории). Выбрать воздушную линию электропередачи от электростанции до ГПП. Рассчитать потоки мощности в заданной сети, наибольшую потерю напряжения в линии.

Индивидуальное задание №5

Осуществить оценку стоимости сооружения и эксплуатации линии электропередачи, если

1	Длина ВЛ	80 км.
2	Количество цепей	2
3	Характеристика опор	Одностоечная
4	Материал опор	Железобетон
5	Марка и сечение проводника	АС-240/32
6	Нормативный скоростной напор ветра	750
7	Концевые устройства предусматривают установку по одному комплекту элегазовых выключателей с каждой стороны ВЛ	

Курсовой проект

Тема «Выбор схем питающих и распределительных сетей»

Содержание работы:

1. Выбор конфигурации и номинального напряжения всех участках сети.

3. Выбор трансформаторов и схем электрических соединений понизительных подстанций.

4. Выбор сечения проводов воздушных линий электропередачи, образующих сеть намеченной конфигурации.

5. Определение числа и мощности генераторов и повысительных трансформаторов на электростанции.

6. Определение технико-экономических характеристик вариантов сети, принятых к рассмотрению.

7. Определение целесообразного размещения компенсирующих устройств в электрической сети.

8. Обоснование требуемых методов и технических средств регулирования напряжения.

Исходные данные для расчета:

1. Электроснабжение района осуществляется электростанцией, расположенной в пункте А. На электростанции предполагается установить не менее двух генераторов.

2. Во всех пунктах кроме 1 и 3, имеются потребители первой, второй и третьей категории. Причем потребители третьей категории составляют 15% от общей нагрузки. Во втором и четвертом пунктах потребителей первой категории нет, а потребители третьей категории составляют 24% от всей нагрузки.

3. В режиме наибольших нагрузок напряжение на шинах станции выше номинального на 5%.

4. Связь с энергосистемой осуществляется через сборные шины электростанции.

5. Стоимость потерь электроэнергии составляет 2,82 руб./кВт·ч, коэффициент инфляции – 40.

6. Вторичное напряжение на всех подстанциях принято 10 кВ.

7. На понизительных подстанциях должно быть осуществлено встречное регулирование напряжения.

9. Электрическая сеть проектируется для третьего района климатических условий (и по ветру и по гололеду).

10. Через пункт, обозначенный звездочкой, осуществляется транзит активной мощности по линиям электропередачи высокого напряжения. Величина транзитной мощности равна собственной нагрузки пункта при заданном коэффициенте мощности.

11. Взаимное расположение электростанции А и пунктов (1,…,5) с учетом масштаба показано на плане. Здесь же приведены сведения о величине активной мощности $P_{нб}$ наибольшей расчетной нагрузки для каждого пункта, ее коэффициенте мощности cosφ, времени наибольших нагрузок $T_{нб}$.

12. Технико-экономическое обоснование выбора трансформаторов на второй подстанции.

План расположения на местности электростанции и пунктов нагрузки

Масштаб:
1 см – 15 км;
$T_{нб}$ = 7200 ч;
$P_{транз}$ = 40 МВт;
$\cos\varphi$ = 0,70.

Пункт	1	2*	3	4	5
P, МВт	50	58	41	43	50
$\cos\varphi$	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8

	0	0	0	0	0

Спецвопросы к курсовому проекту:

1. Выбор марки и сечения проводов воздушных ЛЭП.
2. Выбор номинального напряжения электрической сети.
3. Выбор компенсирующих устройств в электрической сети.
4. Подробно рассмотреть вопросы учета народно-хозяйственного ущерба при перерыве электроснабжения потребителей.
5. Выбор числа, мощности и типа трансформаторов электрической сети.
6. Вопрос определения падения и потерь напряжения в линии.
7. Вопрос выбора и размещения компенсирующих устройств в электрических сетях.
8. Выбор варианта с учетом надежности.
9. Выбор главных схем электрических соединений электростанций и подстанций с выбором коммутационных аппаратов.
10. Вопросы определения потерь мощности и энергии в электрических сетях.
11. Определение мощности компенсирующих устройств.
12. Выбор конфигурации схем электроснабжения.
13. Выбор трансформаторов на подстанциях.
14. Технико-экономический расчета при проектировании подстанций.
15. Выбор средств регулирования напряжения.
16. Выбор ответвлений на трансформаторах подстанций.
17. Выбор компенсирующих устройств в электрической сети.
18. Выбор методов регулирования напряжений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(обязательное)

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-3: Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования и проводить обоснование проектных решений, а также оформлять техническую документацию на различных стадиях разработки проекта		
ПК-3.1	Разрабатывает и оформляет комплекты проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства	**Перечень контрольных вопросов к экзамену:** 1. Выбор мощности компенсирующих устройств по условию регулирования напряжения. 2. Баланс активных и реактивных мощностей в эл. сети и в системе. 3. Режимы работы нейтрали в электрических сетях. 4. Основные требования к схемам электроснабжения. Выбор схем и напряжений электрических сетей. 5. Определение мощности компенсирующих устройств по условию экономической целесообразности их размещения. 6. Главные задачи проектирования и эксплуатации систем ЭС. **Аудиторные контрольные работы:** **АКР-1 по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»** **Вариант 1** 1. Дайте понятия определениям: электростанция, электрическая сеть, надежность. 2. Опишите главные задачи проектирования и эксплуатации систем электроснабжения, а также основные этапы проектирования. 3. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий электропередачи. **Вариант 2** 1. Дайте понятия определениям: электроустановка, распределительное устройство, график

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		нагрузки. 2. Приведите классификацию электростанций и подстанций. 3. Активная и емкостная проводимости линий электропередачи. **Вариант 3** 1. Дайте понятия определениям: система электроснабжения, подстанция, время использования наибольших нагрузок. 2. Опишите основные режимы работы электроэнергетических систем. 3. Схемы замещения линий электропередачи. **Вариант 4** 1. Дайте понятия определениям: электроэнергетическая система, потребитель электроэнергии, надежность. 2. Баланс активной и реактивной мощности, резерв мощности. 3. Схема замещения двухобмоточного трансформатора. **Вариант 5** 1. Дайте понятия определениям: энергосистема, линия электропередачи, время использования наибольших нагрузок. 2. Приведите основные требования к главным схемам электроустановок (электростанций и подстанций). 3. Схема замещения трехобмоточного трансформатора. **Выполнение и защита курсового проекта:** Тема «Выбор схем питающих и распределительных сетей» Выполнение следующих разделов курсового проекта: 1. Выбор конфигурации и номинального напряжения всех участках сети. 2. Выбор трансформаторов и схем электрических соединений понизительных подстанций. 3. Выбор сечения проводов воздушных линий электропередачи, образующих сеть намеченной

<table>
<tr><th>Код индикатора</th><th>Индикатор достижения компетенций</th><th>Оценочные средства</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>конфигурации.
4. Определение числа и мощности генераторов и повысительных трансформаторов на электростанции.
5. Определение технико-экономических характеристик вариантов сети, принятых к рассмотрению.
6. Определение целесообразного размещения компенсирующих устройств в электрической сети.
7. Обоснование требуемых методов и технических средств регулирования напряжения.</td></tr>
<tr><td>ПК-3.2</td><td>Выбирает оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов на различных стадиях проекта системы электроснабжения объекта капитального строительства</td><td>Перечень контрольных вопросов к экзамену:
1. Выбор сечения проводов по условию минимума расхода металла.
2. Определение вероятности перерывов ЭС потребителей в связи с повреждаемостью элементов.
3. Выбор номинального напряжения и конфигурации сети.
4. Народнохозяйственный ущерб от перерывов электроснабжения
5. Факторы, определяющие построение схем ЭС.
6. Основные источники питания э/э объектов. Типы эл. станций
7. Основы технико-экономических расчетов эл.сети.
8. Выбор ответвлений трансформатора.

Выполнение и защита курсового проекта:
Выполнение следующих разделов курсового проекта:
6. Определение технико-экономических характеристик вариантов сети, принятых к рассмотрению.
7. Определение целесообразного размещения компенсирующих устройств в электрической сети.

Аудиторные контрольные работы:
АКР №4 Технико-экономические расчеты
Рассчитать стоимость сооружения и эксплуатации подстанции 220 кВ и оценить надежность его электроснабжения, если:
<table>
<tr><td>1.</td><td>Тип и количество трансформаторов</td><td>2×ТРДЦН-100000/220</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>Количество присоединений на стороне ВН</td><td>10</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Код индикатора</th><th>Индикатор достижения компетенций</th><th>Оценочные средства</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td>3.</td><td>ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей</td></tr>
<tr><td>4.</td><td>Количество отходящих линий - 8 ВЛ</td></tr>
</table>

Расчетно-графическая работа №1 (задание приведено в индикаторе ПК-3.3)
Пояснение: в РГР необходимо осуществить технико-экономическое сранение трех различных вариантов сети, выполненных с использованием проводников, выбранных на основе различных методов:
1) при условии равенства сечения проводов на всех участках сети;
2) при условии минимума расхода металла на провода сети;
3) при условии постоянства плотности тока на всех участках сети.

Индивидуальные задания:
Индивидуальное задание №5
Осуществить оценку стоимости сооружения и эксплуатации линии электропередачи, если

<table>
<tr><td>8.</td><td>Длина ВЛ</td><td>80 км.</td></tr>
<tr><td>9.</td><td>Количество цепей</td><td>2</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Характеристика опор</td><td>Одностоечная</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Материал опор</td><td>Железобетон</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Марка и сечение прово ника</td><td>АС-240/32</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Нормативный скоростной напор ветра</td><td>750</td></tr>
<tr><td>14</td><td colspan="2">Концевые устройства предусматривают установку по одному комплекту элегазовых выключателей с каждой стороны ВЛ</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>ПК-3.3</td><td>Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования</td><td>Перечень контрольных вопросов к экзамену:
1. Определение сечений проводов по допустимой потере напряжения по условию равенства плотности тока на всех участках сети.
2. Изоляция воздушных и кабельных ЛЭП. Габариты воздушных линий электропередачи.</td></tr>
</table>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
	системы электроснабжения объектов капитального строительства	Механический расчет. 3. Воздушные линии эл. передач. Конструктивное исполнение воздушных ЛЭП. 4. Выбор сечения проводов по условию постоянства сечения проводов на всех участках сети. 5. Батареи статических конденсаторов и синхронные компенсаторы как источники реактивной мощности. 6. Регулирование напряжения в эл. сетях изменением сопротивления элементов сети. 7. Кабельные линии. Способы прокладки. 8. Схемы замещения линий электропередачи и трансформаторов. Расчет линий электропередачи по схеме замещения с учетом трансформаторов. 9. Методы определения места повреждения кабелей 10. Структура эл. сетей и систем. Определения. Системы внешнего и внутреннего ЭС. 11. Выбор сечений проводов и кабелей. Методы выбора. 12. Шунтирующие реакторы. Особенности работы, назначение. 13. Трансформаторы с устройством РПН. 14. Основы выбора сечений проводов и кабелей. 15. Синхронные компенсаторы как источники реактивной мощности. Особенности работы. **Выполнение и защита лабораторных работ:** **Лабораторная работа № 76 «Воздушные линии электропередачи»** 1. Назначение воздушных линий электропередачи. 2. Элементы воздушных линий электропередачи. 3. Конструкции, материал и марки проводов. 4. Изоляция и линейная арматура. 5. Назначение и конструкции опор. 6. Вибрация проводов и борьба с ней. 7. «Пляска» проводов и борьба с ней. 8. Транспозиция проводов ВЛ. 9. Воздушные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		Лабораторная работа № 77 «Кабельные линии электропередачи» 1. Элементы кабельной линии. 2. Конструкция кабелей с бумажной пропитанной изоляцией. 3. Конструкция кабелей с пластмассовой изоляцией. 4. Маркировка силовых кабелей напряжением до 10 кВ. 5. Конструкция соединительных муфт. 6. Конструкция концевых муфт и заделок. 7. Устройство стопорной муфты. 8. Способы прокладки кабельных линий в земле. 9. Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях. **Лабораторная работа № 79 «Токопроводы промышленных предприятий»** 1. В каких случаях находят применение промышленные токопроводы? 2. Виды токопроводов и их особенность. 3. Особенность электроснабжения современных энергоемких предприятий. 4. Что называется поверхостным эффектом? 5. Что называется эффектом близости? 6. Какие материалы применяются для токопроводов? 7. Способы прокладки токопроводов. 8. Жесткие нессиметричные токопроводы. 9. Жесткие симметричные токопроводы. 10. Гибкие токопроводы. 11. Трубчатые токопроводы. 12. Сравнительная характеристика гибких и жестких токопроводов. **Выполнение и защита курсового проекта:** Выполнение следующих разделов курсового проекта: 2. Выбор трансформаторов и схем электрических соединений понизительных подстанций. 3. Выбор сечения проводов воздушных линий электропередачи, образующих сеть намеченной

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		конфигурации. 4. Определение числа и мощности генераторов и повысительных трансформаторов на электростанции. **Аудиторные контрольные работы:** **АКР№ 3** 1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 110 кВ протяженностью 20 км, выполненной на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Расстояние между проводами 5 м. На линии подвешены провода марки АС-185/29. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку S=40+j50 МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии. 2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет S=10+j4 МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе. **Расчетно-графическая работа №1** Магистральная сеть с несколькими нагрузками выполнена воздушными линиями электропередачи, с расположением проводов на железобетонных опорах по вершинам равностороннего треугольника. Схема сети представлена на рис. 1. Требуется определить сечение проводов на участках сети по допустимой потере напряжения, равной 5%: 1) при условии равенства сечения проводов на всех участках сети; 2) при условии минимума расхода металла на провода сети; 3) при условии постоянства плотности тока на всех участках сети. Выбрать экономически целесообразный вариант электрической сети.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства

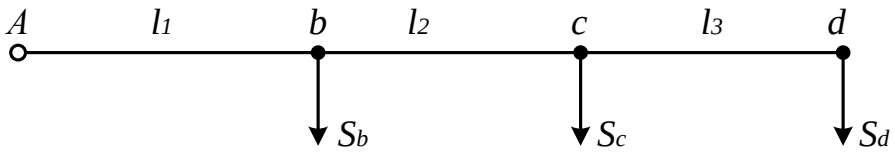

Рис. 1

Исходные данные:

$U_{ном} = 6$ кВ;

Марка провода: А;

Расстояние между проводами на опоре: 0.8 м;

Время использования наибольшей нагрузки: 4200 ч;

Длина участков сети: $l_1 = 1.6$ км; $l_2 = 2$ км; $l_3 = 1$ км;

Нагрузка сети: $S_b = 2.0 + j1.7$ МВА; $S_c = 2.2 + j0.8$ МВА; $S_d = 1.0 + j0.7$ МВА;

Стоимость потерянной электроэнергии: 1.50 руб./кВт·ч.

Индивидуальные задания:

Индивидуальное задание №1

Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ и подстанциях.

Выбрать силовые трансформаторы на понизительных подстанциях и станциях.

№ вари-анта	Номинальное высшее напряжение сети,кВ	Номинальное напряжение нагрузки,кВ	Номинальная мощность генератора, МВа	Расчетная мощность нагрузки , МВА	Соотношние потребителей по категориям надежности,%		
					1	2	3
16	110	10	160(cosφ=0. 5)	83	70	6	24

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет S=33+j18 МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе. **Индивидуальное задание №4** Выбрать число и мощность трансформаторов на ГПП, если $U_{номвн}$=110 кВ, $U_{номнн}$=10 кВ, $P_{нагр}$=100 МВт, cosφ=0,7, а потребители III категории составляют 20% от общей нагрузки (имеются потребители I и II категории). Выбрать воздушную линию электропередачи от электростанции до ГПП. Рассчитать потоки мощности в заданной сети, наибольшую потерю напряжения в линии.
ПК-5: Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности		
ПК-5.3	Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА	**Перечень контрольных вопросов к экзамену:** 1. Регулирование напряжения в эл. сетях и системах. 2. Качество электроэнергии. Показатели качества. 3. Регулирование напряжения в электрических сетях изменением напряжения на шинах эл. станций. 4. Регулирование напряжения перераспределением реактивной мощности. 5. Регулирование напряжения изменением коэффициента трансформаторов. 6. Порядок расчета замкнутых местных сетей. 7. Виды повреждения кабелей. Основные сведения о конструкции кабелей. Соединения и оконцевание кабелей. **Выполнение и защита лабораторных работ:** **Лабораторная работа № 70 «Определение мест повреждений в линиях электрических сетей»** 1. Перечислите возможные виды повреждений линий электрических сетей. 2. Какие операции включает система ОМП. 3. Какие операции включает система ОМП. 4. Для чего необходимо прожигать изоляцию? 5. Достоинства и недостатки дистанционных ОМП.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		6. Дайте классификацию методов ОМП. 7. Какие методы ОМП относятся к импульсным? 8. Какие методы ОМП относятся к контактным? 9. Назначение и принцип действия измерителя неоднородностей Р5-10. **Лабораторная работа № 72 «Исследование режимов нейтрали в трёхфазных электрических сетях напряжением до и выше1 кВ»** 1. Изолированная и глухозаземлённая нейтрали в электрических сетях напряжением до 1 кВ. 2. Выбор режима работы электрической нейтрали в электрических сетях напряжением выше 1 кВ. 3. Достоинства и недостатки электрической сетей: с изолированной нейтралью, с компенсированной нейтралью, с глухозаземлённой и эффективно заземлённой нейтралью, область применения таких сетей. 4. Построить векторную диаграмму токов и напряжений при замыкании на землю фазы *B* в сети с изолированной нейтралью. 5. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для сети с ДГР в электрической нейтрали в аварийном режиме. 6. В каких случаях возникает необходимость заземления нейтрали через дугогасящий реактор? Каким свойством должен обладать дугогасящий реактор? 7. Причины и условия появления перемежающейся дуги и её последствия. **Лабораторная работа № 73 «Определение потерь электрической энергии в распределительных сетях»** 1. Как определяются потери активной и реактивной мощности ЛЭП? 2. Как производится расчет потерь мощности в разветвленных сетях? 3. Каким образом определяются потери мощности в линии с равномерно-распределенной нагрузкой? 4. Как определяются потери электроэнергии в линиях? 5. Какими видами потерь в трансформаторах сопровождается передача мощности через него?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		6. Что такое время наибольших потерь? 7. Как определяются потери активной и реактивной мощности в двухобмоточном трансформаторе? 8. Как определяются потери электроэнергии в двухобмоточном трансформаторе? **Лабораторная работа № 74 «Определение параметров установившегося режима электрической сети с односторонним питанием»** 1. Основные методы расчета разомкнутых сетей. 2. Расчетные схемы электрических сетей. 3. Схемы замещения линий электропередач и трансформаторов. 4. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в конце линии постоянное). 5. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в начале линии постоянное). 6. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в конце линии постоянное). 7. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в начале линии постоянное). **Лабораторная работа № 78 «Исследование режимов работы линий с двухсторонним питанием»** 1. Преимущества и недостатки замкнутых сетей по сравнению с разомкнутыми. 2. Распределение мощностей в линиях с двухсторонним питанием при одинаковых напряжениях пунктов питания. 3. Определение уравнительных токов и напряжений. В каком случае они возникают? 4. Однородная линия. особенности расчета. 5. Распределение мощностей с учетом потерь мощности в сети. 6. Особенности расчета распределения мощностей при двух точках потокораздела. 7. Потери напряжения в сети.

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

Выполнение и защита курсового проекта:

Для технико-экономического обоснования и выбора числа и мощности генераторов электростанции необходимо осуществить расчет параметров схемы замещения сети.

Аудиторные контрольные работы:

АКР №2 Схемы замещения ЛЭП и трансформаторов

1.Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 35 кВ протяженностью 21 км, выполненной на двух одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов, район по гололеду 2. На линии подвешены провода марки АС-95/16. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку S=21+j11 МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.

2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного автотрансформатора АТДЦТН-200000/220/110, у которого номинальные мощности обмоток высшего и среднего напряжения равны номинальной мощности автотрансформатора, а номинальная мощность обмотки низшего напряжения составляет 50 % от номинальной мощности автотрансформатора.

Индивидуальные задания:

Индивидуальное задание №2

Задание №1 Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи, если исходные данные приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Исходные данные для расчета

<table>
<tr><th>Вариант</th><th>Номинальное напряжение</th><th>Тип линии</th><th>Протяженность, км</th><th>Тип опор</th><th>Расположение проводов</th><th>Расстояние между проводами, м</th></tr>
<tr><td>6.</td><td>10</td><td>А-70</td><td>15</td><td>П10</td><td>треугольником</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>7.</td><td>35</td><td>АС-70/11</td><td>32</td><td>ПБ35-1В</td><td>треугольником</td><td>3</td></tr>
</table>

</td></tr>
</table>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства

8.	110	АС-185/29	56	ПБ 110-15	горизонтальное	4
9.	220	АС-240/32	90	1 ПБ-220-1	бочка	7
10.	10	А-120	6	П10	горизонтальное	1

Индивидуальное задание №3

Определить параметры упрощённой схемы замещения трансформатора, если исходные данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Исходные данные для расчета

Вариант	Номинальное напряжение ВН	Тип трансформатора	Дополнительные данные для расчета
6.	500	ТДЦ-400000	
7.	35	ТРДНС-25000	
8.	110	ТРДНС-40000	
9.	220	АТДЦТН-125000	$U_{СН}$=110 кВ; $U_{НН}$=10 кВ (50 % от $S_{номАТ}$)
10.	330	ТРДНС-40000	

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Примерная структура и содержание пункта:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя, в процессе его написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Электроэнергетические системы и сети». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Показатели и критерии оценивания курсового проекта:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.