

Рабочая программа учебной дисциплины

Проектирование электроустановок электростанций и подстанций

(Наименование дисциплины)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль)

«Электроснабжение»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	7
Общее количество часов	252
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	96
– Лекционные (Л)	48
– Практические (ПЗ)	48
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	120
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (36)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	17
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	17

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Проектирование электроустановок электростанций и подстанций» входит в «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» подготовки обучающихся по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**.

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов электроэнергетики и электротехники

Дескрипторы профессиональной компетенции:

ПК-1.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности;

ПК-1.2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
– Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов и управлению режимами работы муниципальных электрических сетей, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 329н от 25.04.2023	ПК-1.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности; ПК-1.2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	Знает: ИД 1 ПК.1.1 Нормативные и эксплуатационные требования к объектам электроэнергетики и электротехники (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ПК.1.2 Типовые решения по проектированию объектов электроэнергетики и электротехники в зависимости от эксплуатационных требований (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ПК.1.1 Определить нормативные и эксплуатационные требования к объектам электроэнергетики и электротехники в рамках их проектирования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ПК.1.2 Осуществить выбор предпочтительного решения по проектированию объектов электроэнергетики и электротехники в зависимости от эксплуатационных и нормативных требований (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ПК.1.1 Формирования технического задания к

		проектированию объектов электроэнергетики и электротехники в зависимости от эксплуатационных и нормативных требований (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6ПК.1.2 Контроля учета требований технического задания в рамках предпроектной проработки и проектирования объектов электроэнергетики и электротехники (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность
(профиль) «Электроснабжение»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Электроэнергетические системы и сети	Эксплуатация систем электроснабжения
2.	Теоретические основы электротехники	Эксплуатация передвижных электроустановок
3.	Электрические и электронные аппараты	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**;
- Учебного плана направления подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

**Раздел 2. Тематический план
Очная форма обучения (полный срок)**

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в проектирование электроэнергетических объектов. Нормативная база и состав проекта.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Выбор главной схемы электрических соединений и компоновка распределительных устройств.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Проектирование схем собственных нужд электростанций и подстанций.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Выбор основного оборудования: силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Выбор коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Защита от перенапряжений, заземляющие устройства и молниезащита.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Генеральный план и компоновка электрической части объекта.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
8	Тема 8. Объем и содержание проектной документации. Оформление чертежей и спецификаций.	27	6	6	15	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		36				
Итого		252	48	48	120	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в проектирование электроэнергетических объектов. Нормативная база и состав проекта. Дисциплина начинается с определения целей и задач проектирования как процесса перевода технических требований в графическую и текстовую документацию. Рассматривается структура проектной и рабочей документации согласно требованиям нормативных документов (в частности, Постановления Правительства РФ №87). Изучается основной перечень нормативно-технических документов (*ПУЭ*, *ГОСТы*, ведомственные строительные нормы), регламентирующих требования к проектированию, а также состав разделов проекта для нового строительства, реконструкции или технического перевооружения.

Тема 2. Выбор главной схемы электрических соединений и компоновка распределительных устройств. В этой теме изучаются критерии выбора главной схемы станции или подстанции на основе баланса надежности, экономичности, удобства эксплуатации и возможности расширения. Анализируются типовые схемы РУ разных классов напряжения (6–35 кВ, 110–750 кВ): одна или две системы шин, схемы многоугольников, полуторные схемы, схемы со связанными выключателями. Обосновывается выбор конкретной схемы исходя из количества присоединений и категории потребителей по надежности.

Тема 3. Проектирование схем собственных нужд электростанций и подстанций. Рассматриваются принципы построения систем питания собственных нужд (СН) напряжением 6(10) кВ и 0,4 кВ. Изучаются источники питания СН (трансформаторы СН, дизель-генераторные установки), схемы секционирования шин, работа устройств автоматического ввода резерва (АВР) для обеспечения бесперебойного питания ответственных механизмов (системы управления, релейной защиты, аварийное освещение).

Тема 4. Выбор основного оборудования: силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы. Детально изучается процесс технико-экономического обоснования выбора мощности и типа силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Рассматриваются режимы их работы (нормальный, перегрузочный, послеаварийный), условия параллельной работы, а также применение токоограничивающих реакторов для снижения токов короткого замыкания в узлах сети.

Тема 5. Выбор коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов. Тема посвящена инженерному расчету и выбору высоковольтных выключателей, разъединителей, заземлителей. Определяются условия выбора по номинальным параметрам (напряжение, ток), а также проверяется их способность отключать токи короткого замыкания (номинальный ток отключения) и выдерживать термическое и динамическое воздействие этих токов. Аналогичные методики применяются для выбора трансформаторов тока и напряжения.

Тема 6. Защита от перенапряжений, заземляющие устройства и молниезащита. Изучаются методы расчета и проектирования систем защиты оборудования от атмосферных (грозовых) и внутренних (коммутационных) перенапряжений. Выбираются ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН) и определяется их расстановка по территории ОРУ. Разрабатывается конструкция контура заземления: выполняется расчет его сопротивления, выбирается количество и тип вертикальных/горизонтальных заземлителей для обеспечения электробезопасности персонала и надежной работы защит.

Тема 7. Генеральный план и компоновка электрической части объекта. На этом этапе происходит переход от однолинейных схем к пространственному размещению оборудования. Изучаются принципы компоновки открытых (ОРУ) и закрытых (ЗРУ) распределительных устройств, включая взаимное расположение фаз для минимизации индуктивного сопротивления, пути перекачки трансформаторов, подъездные пути и пожарные проезды. Рассматриваются вопросы прокладки кабельных трасс и ошиновки.

Тема 8. Объем и содержание проектной документации. Оформление чертежей и спецификаций. Завершающая тема посвящена практической реализации проекта. Рассматриваются требования к оформлению основных комплектов рабочих чертежей: планы расположения оборудования и прокладки сетей, принципиальные электрические схемы, кабельные журналы. Изучается порядок составления спецификации оборудования, изделий и материалов, которая является основой для закупки и комплектации объекта.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в проектирование электроэнергетических объектов. Нормативная база и состав проекта.
ПЗ 2	Тема 2. Выбор главной схемы электрических соединений и компоновка распределительных устройств.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Проектирование схем собственных нужд электростанций и подстанций.
ПЗ 5	Тема 4. Выбор основного оборудования: силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Выбор коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов.
ПЗ 8	Тема 6. Защита от перенапряжений, заземляющие устройства и молниезащита.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение в проектирование электроэнергетических объектов. Нормативная база и состав проекта.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Выбор главной схемы электрических соединений и компоновка распределительных устройств.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Проектирование схем собственных нужд электростанций и подстанций.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Выбор основного оборудования: силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Выбор коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Защита от перенапряжений, заземляющие устройства и молниезащита.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Генеральный план и компоновка электрической части объекта.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Объем и содержание проектной документации. Оформление чертежей и спецификаций.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся
4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение в проектирование электроэнергетических объектов. Нормативная база и состав проекта.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Выбор главной схемы электрических соединений и компоновка распределительных устройств.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Проектирование схем собственных нужд электростанций и подстанций.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Выбор основного оборудования: силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Выбор коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Защита от перенапряжений, заземляющие устройства и молниезащита.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Генеральный план и компоновка электрической части объекта.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Объем и содержание проектной документации. Оформление чертежей и спецификаций.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Рабочий проект.
2. Рабочая документация
3. Сметная документация
4. Годовой график нагрузки по продолжительности
5. Главная схема электрических соединений
6. Тип, мощность силовых трансформаторов
7. Последовательность проектирования тяговой и трансформаторной подстанции
8. Выбор мощности подстанции
9. Характеристики преобразовательных агрегатов
10. Выбор варианта тяговой подстанции
11. Определение потерь энергии в преобразовательных агрегатах
12. Расчет нагрузки подстанции.
13. Преобразование непрерывного графика нагрузки в двухступенчатый график.
14. Выбор количества трансформаторов.
15. Определение допустимости систематической и аварийной перегрузки
16. Уточненная методика обоснования и выбора количества и мощности (авто)трансформаторов
17. Расчет токов нормального режима для питающих и транзитных линий
18. Токи утяжеленного режима
19. Утяжеленный режим для шинпровода
20. Проектирование систем электроснабжения собственных нужд.
21. Проектирование и выбор конструкции распределительных устройств
22. Проектирование защиты от перенапряжений и заземляющих устройств
23. Защита от атмосферных перенапряжений и волн, набегающих с линии
24. Основные принципы построения схем грозозащиты
25. Проектирование грозозащиты
26. Заземляющие устройства

27. Современные системы автоматического управления
28. Стадии проектирования.
29. Основные критерии при принятии решений по проектированию объектов электроэнергетики.
30. Выбор площадки для строительства электростанций и подстанций.
31. Учет геологических факторов, экологических и социальных ограничений.
32. Обоснование и выбор основного технологического оборудования.
33. Выбор типа сооружения подстанции (открытые, закрытые)

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение в проектирование электроэнергетических объектов. Нормативная база и состав проекта.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Выбор главной схемы электрических соединений и компоновка распределительных устройств.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Проектирование схем собственных нужд электростанций и подстанций.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Выбор основного оборудования: силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Выбор коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Защита от перенапряжений, заземляющие устройства и молниезащита.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Генеральный план и компоновка электрической части объекта.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2

8	Тема 8. Объем и содержание проектной документации. Оформление чертежей и спецификаций.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
---	--	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Выбор главной схемы электрических соединений ГПП (Главной понижающей подстанции).

○ **Задание:** Для потребительской подстанции с 4-мя вводами от энергосистемы и 6-ю отходящими линиями к потребителям выбрать главную схему РУ 110/10 кВ, обосновать выбор и начертить однолинейную схему.

2. Расчет и выбор мощности силовых трансформаторов.

○ **Задание:** По заданному графику нагрузки предприятия рассчитать полную мощность, выбрать номинальную мощность и количество двухобмоточных трансформаторов на стороне ВН (110 кВ) для ГПП. Проверить выбранные трансформаторы на систематическую и аварийную перегрузку.

3. Выбор высоковольтных выключателей и разъединителей.

○ **Задание:** Для выбранной ячейки линии в РУ 10 кВ выполнить расчет токов короткого замыкания (КЗ) и по результатам расчета выбрать вакуумный выключатель и шинный/линейный разъединитель из каталога. Выполнить проверку выбранного оборудования на электродинамическую и термическую стойкость.

4. Компоновка ОРУ 110 кВ.

○ **Задание:** Разработать компоновочный план участка ОРУ 110 кВ для одной системы шин. Расположить на плане порталы, молниеотводы, силовые трансформаторы и коммутационные аппараты с соблюдением норм ПУЭ по расстояниям.

5. Проектирование контура заземления подстанции.

○ **Задание:** Рассчитать сопротивление искусственного контура заземления для ОРУ 110 кВ. Определить требуемое количество вертикальных заземлителей (уголков) и общую длину горизонтального заземляющего проводника.

6. Разработка схемы питания собственных нужд (СН).

○ **Задание:** Спроектировать схему СН 0.4 кВ для комплектной трансформаторной подстанции (КТП), питающей ответственных потребителей I категории. Обеспечить питание от одного трансформатора СН с автоматическим включением резерва (АВР) от второго независимого источника.

7. Выбор измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН).

○ **Задание:** Выбрать трансформаторы тока для цепей учета и релейной защиты отходящей линии 10 кВ. Проверить соответствие выбранного ТТ классу точности для коммерческого учета и его способность выдерживать токи КЗ во вторичных цепях.

8. Выбор ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН).

- **Задание:** Подобрать тип ОПН для защиты изоляции оборудования РУ 10 кВ. Обосновать выбор места установки (шины, оборудование) и проверить расстояние от ОПН до защищаемого объекта.
- 9. **Оформление чертежа плана расположения оборудования (марка ЭП).**
 - **Задание:** На основе выполненной компоновки ОРУ разработать лист проектной документации марки ЭП (План расположения оборудования и прокладки сетей). Нанести на план все аппараты, указав их позиционные обозначения.
- 10. **Составление кабельного журнала.**
 - **Задание:** Составить кабельный журнал для участка РУ 10 кВ, указав марку, длину, способ прокладки каждого кабеля (контрольного, силового), а также его начало и конец.
- 11. **Проектирование ЗРУ-10 кВ.**
 - **Задание:** Начертить план закрытого распределительного устройства (ЗРУ) 10 кВ с использованием ячеек типа КСО или КРУ. Показать расположение секционного выключателя и систем АВР.
- 12. **Выбор сечения ошиновки.**
 - **Задание:** Выбрать жесткую ошиновку (алюминиевую трубу) для соединения выводов силового трансформатора с РУ 110 кВ. Проверить выбранное сечение по экономической плотности тока и условиям коронирования.
- 13. **Разработка спецификации оборудования.**
 - **Задание:** На основе всех выполненных ранее расчетов и выборов составить спецификацию основного оборудования, изделий и материалов для одного из участков проектируемой подстанции (например, для ОРУ 110 кВ).
- 14. **Анализ исходно-разрешительной документации (ИРД).**
 - **Задание:** Проанализировать фрагмент ИРД (Технические условия на технологическое присоединение) и выделить основные технические требования, которые должны быть учтены при проектировании: точки присоединения, уровни напряжений, требуемая надежность, величина допустимой нагрузки.
- 15. **Сравнение вариантов схем РУ по технико-экономическим показателям.**
 - **Задание:** Сравнить два варианта схемы РУ 110 кВ (например, схема "одна секционированная система шин" и схема "мостик") по критериям надежности, удобства эксплуатации и стоимости оборудования. Подготовить сравнительную таблицу и сделать вывод о предпочтительном варианте.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Эволюция главных схем электрических соединений распределительных устройств: от простых к сложным (анализ схем "одна секционированная система шин", "две системы шин", "полуторная схема").
2. Цифровая трансформация в проектировании энергообъектов: переход к цифровым подстанциям на базе стандарта МЭК 61850.
3. Технико-экономическое сравнение вариантов компоновки открытых (ОРУ) и закрытых (ЗРУ) распределительных устройств при проектировании.
4. Особенности проектирования систем собственных нужд (СН) атомных электростанций (АЭС) с учетом требований к надежности электроснабжения.
5. Применение современных программных комплексов (CAD/CAE-систем) для автоматизации проектирования электрической части станций и подстанций.
6. Выбор и расчет токоограничивающих реакторов в сетях высокого напряжения для обеспечения термической стойкости оборудования.
7. Проектирование молниезащиты и заземляющих устройств открытых распределительных устройств (ОРУ): методики расчета и выбор оборудования.
8. Анализ и применение нетиповых схем распределительных устройств для решения специфических задач проектирования (например, схемы "шестиугольник" или кольцевые схемы).

9. Экологические аспекты проектирования электроэнергетических объектов: снижение акустического шума, электромагнитного влияния и отчуждения земель.
10. Принципы построения и проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на подстанциях.
11. Методы оптимизации размещения основного силового оборудования на генеральном плане подстанции с учетом токов короткого замыкания и удобства эксплуатации.
12. Проектирование гибких управляемых систем электропередачи (FACTS): статические тиристорные компенсаторы (СТК) и их роль в повышении пропускной способности сетей.
13. Нормативно-правовое регулирование проектной деятельности в энергетике РФ: анализ актуальных редакций ПУЭ, ГОСТ и сводов правил (СП).
14. Особенности проектирования комплектных трансформаторных подстанций (КТП) блочного типа (БКТП) для городских условий.
15. Перспективы использования сверхпроводящих кабелей и накопителей энергии в проектах новых и реконструируемых подстанций.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Каковы основные стадии проектирования электроэнергетических объектов (П и РД)?
2. Что такое «задание на проектирование» и кто является его основным заказчиком?
3. Какие нормативные документы (СНиП, ПУЭ, ГОСТ) являются определяющими при разработке электроустановок?
4. В чем заключается суть системного подхода при проектировании электростанций?
5. Какова роль технико-экономического обоснования (ТЭО) в процессе принятия проектных решений?
6. Назовите ключевые природно-климатические факторы, влияющие на выбор площадки для подстанции.
7. Какие требования предъявляются к грунту и уровню грунтовых вод на месте строительства?
8. Почему близость к центрам нагрузок является приоритетной при выборе места для подстанции?
9. В чем особенности выбора площадки для тепловых станций (ТЭС) в сравнении с гидроэлектростанциями (ГЭС)?
10. Какие экологические ограничения могут накладываться на размещение проектируемого объекта?
11. Что такое структурная схема электростанции и чем она отличается от главной схемы соединений?
12. Какие критерии используются для сравнения нескольких вариантов структурных схем?
13. Как тип электростанции (КЭС, ТЭЦ, АЭС) влияет на выбор структурной схемы?
14. Какую роль играет количество и мощность устанавливаемых агрегатов при формировании схемы?
15. Как осуществляется выбор напряжения для связи электростанции с энергосистемой?
16. Что понимают под «надежностью» электроустановки в контексте проектирования?
17. Назовите основные показатели надежности: параметр потока отказов и среднее время восстановления
18. В чем различие между внезапным и постепенным отказом оборудования?
19. Как категория потребителей (I, II, III) влияет на требуемые показатели надежности схемы?
20. Каким образом резервирование элементов (скрытое и явное) повышает общую надежность электроснабжения?

Список вопросов для экзамена

1. Стадии проектирования.
2. Выбор основного технологического оборудования
3. Выбор номинальных напряжений для вновь проектируемых электрических сетей
4. Годовой график нагрузки

5. Типовые структурные схемы районных подстанций.
6. Структурные схемы узловых подстанций
7. Надежность электроустановок
8. Схемы присоединения электростанций и подстанций к энергосистеме.
9. Токи утяжеленного режима
10. Расчет нагрузки подстанции
11. Выбор трансформаторов
12. Проверка выключателей по включающей способности.
13. Проверка выключателей и разъединителей на электродинамическую и термическую стойкость.
14. Условия выбора и проверка соответствия выключателей заданному классу точности.
15. Источники электроснабжения собственных нужд.
16. Рабочие машины собственных нужд электростанций и их характеристики.
17. Собственные нужды подстанций.
18. Способы увеличения пропускной способности линий.
19. Компенсирующие устройства для защиты от перенапряжения
20. Распределительные устройства

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Прочитайте вопрос и выберите один правильный ответ.

Вопрос 1.1 Какая основная цель применения полуторной схемы распределительного устройства (РУ) на напряжениях 330–750 кВ? а) Максимальная экономичность; б) **Высокая надежность электроснабжения при сохранении гибкости управления**; в) Минимальное количество выключателей; г) Упрощение релейной защиты.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.2 Какой основной нормативный документ регламентирует требования к проектированию схем электроустановок в России? а) Правила технической эксплуатации (ПТЭ); б) **Правила устройства электроустановок (ПУЭ)**; в) ГОСТ на силовые трансформаторы; г) Технические условия (ТУ) завода-изготовителя.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.3 Что является основным критерием для выбора номинального напряжения линии электропередачи (ЛЭП)? а) Длина линии; б) Материал опор; в) **Передаваемая мощность и расстояние**; г) Количество цепей.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.4 Для чего применяются токоограничивающие реакторы в схемах РУ? а) Для регулирования напряжения; б) Для компенсации реактивной мощности; в) **Для ограничения токов короткого замыкания до значений, допустимых для установленного оборудования**; г) Для защиты от перенапряжений.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.5 Какое основное преимущество цифровых подстанций (стандарт МЭК 61850) перед традиционными? а) Снижение стоимости основного оборудования; б) **Повышение надежности, наблюдаемости объекта и снижение затрат на кабельные связи за счет передачи данных по оптоволокну**; в) Отсутствие необходимости в обслуживании; г) Увеличение габаритов ячеек РУ.

Правильный ответ: б)

Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа.

Вопрос 2.1 Выберите два основных фактора, которые учитываются при выборе сечения проводников ЛЭП. а) Цвет изоляции провода; б) **Экономическая плотность тока**; в) **Максимальный расчетный ток нагрузки**; г) Высота подвеса провода над землей.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.2 Выберите два основных элемента, входящих в состав главной схемы электрических соединений подстанции. а) Аккумуляторная батарея; б) **Силовой трансформатор**; в) **Коммутационный аппарат (выключатель)**; г) Устройство плавного пуска двигателя.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.3 Какие две основные функции выполняет система собственных нужд (СН) подстанции? а) Генерация электроэнергии в сеть; б) **Обеспечение работы систем управления и автоматики**; в) **Питание приводов выключателей, обогрев, вентиляция и освещение**; г) Компенсация реактивной мощности внешней сети.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.4 Выберите два способа повышения пропускной способности существующей ЛЭП без строительства новой линии. а) Замена изоляторов на более короткие; б) **Расщепление фазы на несколько проводов**; в) **Установка устройств продольной емкостной компенсации (УПК)**; г) Покраска опор в светлый цвет.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.5 Выберите два основных параметра, проверяемых при испытаниях силовых трансформаторов после монтажа или ремонта. а) Уровень шума; б) **Коэффициент трансформации**; в) **Сопротивление обмоток постоянному току**; г) Вес масла.

Правильный ответ: б), в)

Установите соответствие между типом ячейки КРУ (комплектного распределительного устройства) и ее основным назначением.

А) Линейная ячейка	1) Подключение трансформатора к шинам
Б) Секционная ячейка	2) Питание потребителя по отдельной линии
В) Трансформаторная ячейка	3) Соединение двух секций шин для резервирования
Г) Ячейка ввода	4) Ввод питания на секцию шин от источника

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1, Г – 4

4) На установление последовательности (1 вопрос)

Укажите правильную последовательность действий при выполнении оперативных переключений по выводу в ремонт линейного разъединителя (согласно правилам безопасности). 1\$ Проверить отсутствие напряжения на отключенном оборудовании. 2\$ Отключить масляный/элегазовый выключатель линии. 3\$ Включить заземляющие ножи или установить переносные заземления. 4\$ Вывесить плакаты безопасности ("Не включать! Работают люди"). 5\$ Отключить линейный разъединитель.

Правильный ответ: 2-5-1-4-3

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Кузнецов С.М. Автоматизированное проектирование тяговых и трансформаторных подстанций: учебное пособие / Кузнецов С.М. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. — 144 с. — ISBN 978-5-7782- 4713-0. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126483.html>

2. Малафеев, А. В. Проектирование электрической части понизительных подстанций промышленного предприятия: учебное пособие / А. В. Малафеев, Е. А. Панова, А. В. Варганова. — 3-е изд. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 312 с. — ISBN 978-5-9729-0937-7. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123824.html>

7.2. Дополнительная литература

3. Давыдов, Д. А. Промышленные электроустановки : учебное пособие / Д. А. Давыдов, Д. Б. Сивяков ; под редакцией Б. К. Сивякова. — Москва, Вологда : ИнфраИнженерия, 2024. — 256 с. — ISBN 978-5-9729-1706-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/143395.html>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Оборудование:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Проектирование электроустановок электростанций и подстанций**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

**Проектирование электроустановок электростанций
и подстанций**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)