

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬ-
НОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем
канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов
«20»  2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
ЦИФРОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ

направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки
Электроснабжение

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих си-
стем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2019 году.

Составитель: канд. техн. наук

Д. А. Прасол

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

«15» мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент

А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент

А. В. Белоусов

«15» мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

«20» мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент

А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
профессиональная	ПК-2. Способен проектировать отдельные элементы систем электроснабжения и рассчитывать параметры режимов электрических сетей и электроустановок с применением современного программного обеспечения.	ПК-2.8. Разрабатывает цифровые модели электрических подстанций и определяет параметры их режимов.	Знания специализированного программного обеспечения для моделирования электрических подстанций. Умения применять специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций. Навыки разработки цифровых моделей электрических подстанций и определения параметров их режимов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-2. Способен проектировать отдельные элементы систем электроснабжения и рассчитывать параметры режимов электрических сетей и электроустановок с применением современного программного обеспечения.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электроснабжение
2	Проектирование систем электроснабжения жилых зданий
3	Проектирование систем электроснабжения общественных зданий и сооружений
4	Электрические станции и подстанции
5	Электроэнергетические системы и сети
6	Моделирование электроэнергетических систем
7	Моделирование электротехнических систем
8	Производственная преддипломная практика
9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен (8 семестр).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	72	72
лекции	33	33
лабораторные	33	33
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	6	6
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	108	108
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	54	54
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная ра- бота на подготовку к аудиторным заня-
1. Цифровая трансформация в электросетевом комплексе					
1.1.	Цифровая трансформация в электросетевом комплексе. Программа цифровой трансформации.	2	–	9	3
1.2.	Цифровая подстанция. Стандарт МЭК 61850.	3	–	9	3
1.3.	Принципы построения цифровых подстанций.	3			
1.4.	Электрооборудование цифрового взаимодействия.	2			
1.5.	Пример реализации цифровой подстанции.	2			
2. Применение современных технических решений в электроэнергетике (Проекты цифровой трансформации)					
2.1.	Цифровые районные электрические сети. Распределенная автоматизация.	3	–	5	3
2.2.	Интеллектуальный учет электроэнергии.	3	–	4	3
2.3.	Центр управления сетями.	2	–		3
2.4.	Системы накопления электроэнергии.	2	–		3
2.5.	Система управления производственными активами. Цифровой электромонтер.	2	–	–	3
2.6.	Беспилотные летательные аппараты для эксплуатации линий электропередачи.	2	–	–	3
2.7.	Современные средства связи и технологии в энергетике.	2	–		3
3. Цифровое моделирование подстанций					
3.1.	Программный комплекс для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3. Программный комплекс для моделирования энергосистем PSCAD. Обзор, применение, особенности и возможности PSCAD.	3	–	3	3
3.2.	Моделирование элементов электроэнергетических систем с применением программного комплекса PSCAD. Моделирование подстанций с применением программного комплекса PSCAD.	2	–	3	3
	ВСЕГО	33	–	33	54

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 8				
1.	Цифровое моделирование подстанций.	Разработка цифровой модели двух трансформаторной подстанции в программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3	4	4
2.	Цифровое моделирование подстанций.	Моделирование элементов электроэнергетических систем в программно-вычислительном комплексе RastrWin	4	4
3.	Цифровое моделирование подстанций.	Разработка цифровой модели двух трансформаторной подстанции в программно-вычислительном комплексе RastrWin	4	4
4.	Цифровое моделирование подстанций.	Разработка цифровой модели участка электрической сети с несколькими подстанциями в программно-вычислительном комплексе RastrWin	5	5
5.	Цифровая трансформация в электросетевом комплексе. Настройка параметров блоков цифровых защит.	Изучение структуры стенда «Защита двухобмоточного трансформатора ЦПС по схеме 100-3Н». Расчеты параметров типовых устройств для микропроцессорных защит.	4	4
6.	Цифровая трансформация в электросетевом комплексе. Конфигурирование параметров информационной сети комплекса РЗА.	Настройка параметров коммутаторов Ethernet ЛВС цифровой подстанции. Выбор и настройка параметров протокола синхронизации времени РТР.	4	4
7.	Цифровая трансформация в электросетевом комплексе. Изучение структуры информационного обмена комплекса РЗА.	Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка Sampled Values (SV) коммуникаций.	4	4
8.	Цифровая трансформация в электросетевом комплексе. Изучение структуры информационного обмена комплекса РЗА.	Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка GOOSE коммуникаций.	4	4
ИТОГО:			33	33
ВСЕГО:			33	33

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая проект/работа учебным планом не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания

Учебным планом предусмотрено РГЗ, посвященное разработке структурной схемы цифровой подстанции. Задание сформировано с целью приобретения студентами способностей разработки структуры цифровой подстанции с применением

специализированного современного программного обеспечения.

Задание

Основные задачи

1. Сформировать исходные данные подстанции.
2. Представить полную однолинейную принципиальную схему подстанции (без указания оборудования, подлежащего выбору).
3. Произвести выбор основного электрооборудования с поддержкой стандарта МЭК 61850 – измерительных трансформаторов тока и напряжения в РУ ВН, выключателей (при возможности).
4. Разработать и представить структурную схему цифровой подстанции (подстанции с применением цифровых решений).

Краткие методические указания

1. Сформировать исходные данные подстанции в соответствии с вариантом задания (табл. 1). Вариант – номер по журналу.
2. Максимальные рабочие токи в основных цепях подстанции взять по результатам моделирования подстанции (лабораторная работа № 1 и лабораторная работа № 3). Максимальные рабочие токи представить в табличном виде.
3. Величину периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в начальный момент времени в соответствующих точках схемы подстанции принять равной $(10+n) \cdot I_{max}$, где n – номер варианта.
4. Для определения ударных токов ударные коэффициенты принять равными: 1,2 – для РУ ВН; 1,5 – для РУ НН.
5. Определить тепловые импульсы. Постоянную времени переходного процесса принять равной: 0,008 с – для РУ ВН; 0,01 – для РУ НН. Время действия релейной защиты с учетом селективности принять равным: 2 с – для РУ ВН; 1 с – для РУ НН. Полное время отключения соответствующего выключателя принять равным в соответствии с его паспортными данными.
6. Выполнить выбор и проверку основного электрооборудования с поддержкой стандарта МЭК 61850 в табличном виде.
7. Разработать и представить структурную схему цифровой подстанции (подстанции с применением цифровых решений). На схеме представить наименование (марки) о основные паспортные данные выбранного основного электрооборудования с поддержкой стандарта МЭК 61850.

Исходные данные для разработки цифровой двух трансформаторной подстанции

Объектом построения является двух трансформаторная тупиковая понижительная подстанция с двумя распределительными устройствами заданных классов напряжений (табл. 1). Питание подстанции осуществляется по двум тупиковым линиям от двух независимых источников питания. Протяженности питающих воздушных линий и марки проводов заданы в табл. 1. На подстанции установлены два силовых трансформатора, марки которых приведены в исходных данных. Схема распределительного устройства ВН – два блока «линия – трансформатор», схема распределительного устройства НН – одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин. От распределительного устройства НН отходит заданное число воздушных линий (табл. 1). Нагрузка подстанции представлена в виде

отдельных нагрузок отходящих линий НН (табл. 2).

Таблица 1

Исходные данные подстанции

№ вар.	Номинальные напряжения распределительных устройств ВН/НН, кВ	Первая питающая ВЛ протяженность, км/марка провода	Вторая питающая ВЛ протяженность, км/марка провода	Марка силовых трансформаторов	Мощность подстанции, кВА	Кол-во отходящих ВЛ от первой секции шин РУ НН	Кол-во отходящих ВЛ от второй секции шин РУ НН
1	2	3	4	5	6	7	8
Первая группа							
1.	35/10	11,7/АС-70	22,1/АС-95	2×ТМН-2500/35	5000	2	3
2.	110/10	42,0/АС-150	12,6/АС-120	2×ТДН-16000/110	32000	3	4
3.	35/6	6,9/АС-120	14,6/АС-150	2×ТД-10000/35	20000	4	2
4.	110/6	41,0/АС-240	12,2/АС-185	2×ТДН-16000/110	32000	2	3
5.	35/10	24,4/АС-120	6,1/АС-95	2×ТМН-6300/35	12600	3	4
6.	110/10	21,7/АС-185	12,2/АС-150	2×ТДН-10000/110	20000	4	2
7.	35/6	16,3/АС-95	13,8/АС-70	2×ТМН-4000/35	8000	2	3
8.	110/6	14,2/АС-185	3,2/АС-150	2×ТДН-10000/110	20000	3	2
9.	35/10	11,5/АС-70	14,8/АС-95	2×ТМН-4000/35	8000	4	3
10.	110/10	5,7/АС-120	11,2/АС-150	2×ТМН-6300/110	12600	2	4
11.	35/6	6,5/АС-95	8,7/АС-120	2×ТМН-6300/35	12600	3	3
12.	110/6	34,8/АС-120	15,7/АС/185	2×ТМН-6300/110	12600	4	2
Вторая группа							
1.	35/10	14,4/АС-70	20,2/АС-95	2×ТМН-1600/35	3200	3	3
2.	110/10	39,0/АС-120	13,8/АС-95	2×ТДН-16000/110	32000	2	3
3.	35/6	8,1/АС-120	15,2/АС-150	2×ТМН-6300/35	12600	3	2
4.	110/6	36,4/АС-185	11,7/АС-150	2×ТДН-16000/110	32000	4	2
5.	35/10	26,6/АС-120	8,5/АС-95	2×ТМН-10000/35	20000	2	4
6.	110/10	23,3/АС-185	14,2/АС-150	2×ТДН-10000/110	20000	3	3
7.	35/6	17,6/АС-95	12,1/АС-70	2×ТМН-6300/35	12600	4	3
8.	110/6	15,4/АС-185	5,5/АС-150	2×ТДН-10000/110	20000	3	4
9.	35/10	13,6/АС-70	16,2/АС-95	2×ТМН-2500/35	5000	3	2
10.	110/10	6,4/АС-120	12,3/АС-185	2×ТМН-6300/110	12600	2	4
11.	35/6	7,3/АС-95	9,9/АС-120	2×ТД-10000/35	20000	4	2
12.	110/6	35,7/АС-120	17,4/АС/185	2×ТДН-10000/110	20000	3	3

Исходные данные по нагрузкам отходящих линий подстанции

№ вар.	Отходящая линия №1		Отходящая линия №2		Отходящая линия №3		Отходящая линия №4		Отходящая линия №5		Отходящая линия №6		Отходящая линия №7	
	Р, кВт	Q, квар												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Первая группа														
1.	520	208	547	219	505	202	580	232	522	209	419	168	428	171
2.	2713	1085	2574	1029	2624	1049	2633	1053	2643	1057	2619	1047	2711	1084
3.	1776	710	1734	693	1756	702	1788	715	1767	707	1617	647	1683	673
4.	2620	1048	2675	1070	2653	1061	2733	1093	2671	1068	2679	1071	2613	1045
5.	1013	405	1180	472	1112	445	1156	462	1166	466	1089	436	1128	451
6.	1625	650	1693	677	1640	656	1638	655	1646	658	1786	714	1683	673
7.	661	264	668	267	829	331	788	315	800	320	818	327	769	307
8.	1674	669	1714	685	1786	714	1736	694	1743	697	1618	647	1762	705
9.	746	298	678	271	770	308	655	262	651	260	652	261	740	296
10.	1010	404	1078	431	1010	404	1071	428	1118	447	1197	479	1199	480
11.	1092	437	1126	450	1194	478	1025	410	1048	419	1042	417	1114	446
12.	1059	424	1107	443	1173	469	1066	426	1162	465	1038	415	1083	433
Вторая группа														
1.	272	109	266	106	287	115	448	179	267	107	282	113	352	141
2.	2700	1080	2668	1067	2659	1063	2709	1083	2602	1041	2712	1085	2660	1064
3.	1074	430	1098	439	1112	445	1125	450	1188	475	1091	436	1067	427
4.	2723	1089	2745	1098	2617	1047	2640	1056	2574	1029	2630	1052	2551	1020
5.	1705	682	1674	669	1771	708	1756	702	1750	700	1635	654	1651	660
6.	1649	659	1667	667	1598	639	1630	652	1791	716	1791	716	1707	683
7.	1201	480	1080	432	1080	432	1046	418	1161	464	1183	473	1127	451
8.	1665	666	1664	665	1607	643	1597	639	1730	692	1726	690	1663	665
9.	414	166	455	182	558	223	547	219	434	174	483	193	500	200
10.	1019	408	1060	424	1037	415	1014	406	1192	477	1095	438	1081	432
11.	1610	644	1713	685	1602	641	1629	651	1791	716	1668	667	1721	688
12.	1710	684	1664	665	1607	643	1757	703	1625	650	1768	707	1732	693

В заключении сделать выводы по проделанной работе. Составить список использованной литературы.

Структура отчета расчетно-графического задания

Расчетно-графическое задание должно содержать следующие обязательные разделы:

Титульный лист с указанием **номера зачетной книжки** и **номера по журналу**.

Содержание.

Введение (цель работы, исходные данные и постановка задачи).

1. Краткие теоретические сведения.
2. Исходные данные подстанции.
3. Выбор основного электрооборудования.
4. Разработка структурной схем цифровой подстанции.

Заключение (выводы по проделанной работе).

Список литературы.

Список литературы выполняется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 СИБИБД «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие правила составления».

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-2. Способен проектировать отдельные элементы систем электроснабжения и рассчитывать параметры режимов электрических сетей и электроустановок с применением современного программного обеспечения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.8. Разрабатывает цифровые модели электрических подстанций и определяет параметры их режимов.	Экзамен, расчетно-графическое задание, собеседование.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце **8-го семестра** после завершения изучения дисциплины в форме **Экзамена**.

Вопросы для подготовки к экзамену

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Цифровая трансформация в электросетевом комплексе	<ol style="list-style-type: none">1. Общая информация о цифровой трансформации в электросетевом комплексе. Вызовы электросетевого комплекса и стратегия преодоления.2. Проблемы, решаемые в рамках программы цифровой трансформации. Технологические предпосылки создания концепции цифровизации.3. Цели, задачи и группы мероприятий цифровой трансформации.4. Технологии и этапы цифровой трансформации в электросетевом комплексе.5. Организационные изменения в рамках программы цифровой трансформации в электросетевом комплексе. Проекты первого этапа цифровой трансформации. Создание единых центров управления сетями.6. Проекты первого этапа цифровой трансформации. Создание цифровой подстанции и цифрового РЭС.7. Проекты первого этапа цифровой трансформации. Накопители энергии и цифровой электромонтер.8. Проекты первого этапа цифровой трансформации. Интеллектуальный учет электроэнергии, автоматизированная диагностика ВЛ.9. Государственная инфраструктура по поддержке цифровой трансформации. Изменения в законодательстве реализованное и планируемое.10. Документы в области цифровизации. Определение цифровой подстанции.11. Стандарт МЭК 61850. Назначение, структура стандарта. Термины, понятия и определения.12. Протоколы стандарта МЭК 61850 (MMS, GOOSE, SV).13. Файлы конфигурации цифровой подстанции. Модель данных по МЭК 61850.14. Структурная схема цифровой подстанции. Протоколы передачи данных в стандарте МЭК 61850 на цифровой подстанции.

		<p>15. Структурные уровни средств программно-технического комплекса цифровой подстанции. Построение локальной вычислительной сети на цифровой подстанции.</p> <p>16. Стандарт МЭК 61850 ключевые изменения. Преимущества цифровой подстанции перед традиционной.</p> <p>17. Уровни эксплуатационной ответственности, основные подходы при создании ЦПС, критерии отнесения к ЦПС.</p> <p>18. Информационная безопасность и нормативные документы для построения ЦПС.</p> <p>19. Реализованные проекты ЦПС. Мировой опыт внедрения технологии ЦПС. Выводы по технологии ЦПС.</p> <p>20. Принципы построения цифровых подстанций. Особенности проектирования ЦПС.</p> <p>21. Принципы построения цифровых подстанций. Функциональные системы, входящих в состав ЦПС.</p> <p>22. Принципы построения цифровых подстанций. Цифровая подстанция по стандарту МЭК 61850.</p> <p>23. Основные принципы построения цифровой подстанции.</p> <p>24. Принципы построения цифровых подстанций. Архитектура цифровой подстанции.</p> <p>25. Принципы построения цифровых подстанций. Функциональная координирующая подсистема в составе ЦПС.</p> <p>26. Электрооборудование цифрового взаимодействия. Измерительные электронные трансформаторы.</p> <p>27. Электрооборудование цифрового взаимодействия. Силовые интеллектуальные трансформаторы.</p> <p>28. Электрооборудование цифрового взаимодействия. Гибкие системы передачи переменного тока FASTS. Управляемые шунтирующие реакторы.</p> <p>29. Электрооборудование цифрового взаимодействия. Статические компенсаторы реактивной мощности.</p> <p>30. Электрооборудование цифрового взаимодействия. Фазопоротные устройства. Вставки постоянного тока.</p> <p>31. Электрооборудование цифрового взаимодействия. Накопители электрической энергии. Структура системы накопления энергии.</p> <p>32. Пример реализация цифровой подстанции. Краткая характеристика объекта. Основные параметры проекта этапы строительства.</p> <p>33. Пример реализация цифровой подстанции. Архитектура построения ЦПС.</p> <p>34. Пример реализация цифровой подстанции. Оборудование, установленное на ЦПС.</p> <p>35. Пример реализация цифровой подстанции. Проблемные вопросы при реализации проекта. Первые итоги реализации проекта. Вопросы, требующие решения для масштабирования.</p>
2.	<p>Применение современных технических решений в электроэнергетике (Проекты цифровой трансформации)</p>	<p>36. Общая информация о районе электрических сетей. Неотключаемая сеть. Отключаемая сеть с неотключаемыми потребителями.</p> <p>37. Подходы к реконструкции распределительных сетей в рамках цифровой трансформации. Направления модернизации основного оборудования цифрового РЭС.</p> <p>38. Технологии цифрового РЭС. Характеристики устройств распределенной автоматизации.</p> <p>39. Порядок работы устройств распределенной автоматизации. Примеры работы устройств распределенной автоматизации.</p> <p>40. Элементы распределенной автоматизации на реальной схеме. Питание узла нагрузки от разных секций шин одной подстанции. Питание узла нагрузки от двух подстанций.</p>

		<p>41. Реклоузер. Определение и назначение. Конструктивное исполнение. Характеристики. Варианты использования.</p> <p>42. Управляемый выключатель нагрузки. Определение и назначение. Конструктивное исполнение. Характеристики. Варианты использования.</p> <p>43. Управляемый разъединитель. Индикаторы короткого замыкания. Характеристики индикаторов КЗ. Пример работы индикаторов КЗ.</p> <p>44. Управляемый стабилизатор напряжения. Современные технологии для распределительных сетей.</p> <p>45. Выводы по масштабной автоматизации распределительных сетей в рамках цифровой трансформации.</p> <p>46. Базовые аспекты учета и передачи электроэнергии. Общая информация о приборах учета: схемы подключения, маркировка, варианты конструктивного исполнения.</p> <p>47. Общая информация об измерительных трансформаторах тока, их применение в интеллектуальном учете электроэнергии.</p> <p>48. Формирование балансов электроэнергии. Проблемы формирования полезного отпуска электроэнергии.</p> <p>49. Нормативно-правовая база. Законодательные требования по учету электроэнергии. Современные изменения законодательства.</p> <p>50. Ключевые изменения модели деятельности по учету электроэнергии в рамках ФЗ №522. Другие изменения, введенные ФЗ №35-ФЗ.</p> <p>51. Эволюция функционала приборов учета ЭЭ. Структура автоматизированной системы учета электроэнергии. Информационно-вычислительный комплекс верхнего уровня.</p> <p>52. Структура потерь ЭЭ. Достоинства и ограничения существующего процесса отыскания нетехнологических потерь.</p> <p>53. Программный комплекс для анализа потребителей. Предпосылки совмещения функций АИСКУЭ и телемеханики.</p> <p>54. Структурная схема автоматизации ТП 6-20/0,4 кВ. Выводы и ключевые тезисы по интеллектуальному учету ЭЭ.</p> <p>55. Организационная структура оперативно-технологического и ситуационного управления. Диспетчерские пункты центров управления сетями до реорганизации.</p> <p>56. Существующие модели оперативно-технологического управления. Анализ существующих моделей. Возможные варианты целевых моделей оперативно-технологического управления.</p> <p>57. Создание единых центров управления сетями. Организация оперативно-технологического и ситуационного управления.</p> <p>58. Организационная структура центров управления сетями. Схема организации каналов связи взаимодействия. Организация информационного обмена между структурными подразделениями.</p> <p>59. Схема распределения оборудования и ЛЭП по способу управления. Изменение процесса оперативного управления сетью 0,4 кВ.</p> <p>60. Требования к оперативно-информационному комплексу ЦУС. Цифровая радиосвязь. Введение региональной ГИС и навигационных систем автотранспорта. Внедрение систем видео регистрации.</p> <p>61. Результаты и эффекты создания единого ЦУС 0,4-110 кВ.</p> <p>62. Актуальность применения СНЭ. Особенности литий ионных аккумуляторных батарей. Уникальные свойства литий ионных аккумуляторных батарей. Назначение литий ионных аккумуляторных батарей.</p> <p>63. Системы накопления электроэнергии элемент современной энергосистемы. Определение систем накопления электрической</p>
--	--	--

		<p>энергии составляющие и основные характеристики.</p> <p>64. Мировые тренды использования накопителей ЭЭ. Международный опыт применения накопителей ЭЭ.</p> <p>65. Перспективные варианты применения накопителей в распределительных электрических сетях 0,4-110 кВ.</p> <p>66. Вариант 1 применения накопителей ЭЭ. Резервирование социально значимых объектов 0,4 кВ 3 категории</p> <p>67. Вариант 2 применения накопителей ЭЭ. Применение СНЭ в ВЛ 0,4 кВ для поддержания качества электроэнергии</p> <p>68. Система накопления энергии в филиале «Россети Центр» «Белгородэнерго».</p> <p>69. Вариант 3 применения накопителей ЭЭ. Сглаживание пиковых нагрузок на ПС 35-110 кВ.</p> <p>70. Вариант 4 применения накопителей ЭЭ. Применение СНЭ в составе объектов распределенной генерации на базе ВИЭ.</p> <p>71. Вариант 5 применения накопителей ЭЭ. Применение СНЭ в ценозависимом снижении потребления (ЦЗСП).</p> <p>72. Предварительная оценка применимости и целесообразности СНЭ в распределительных электрических сетях. Экспертная оценка тенденций применимости СНЭ.</p>
--	--	---

Вопросы для подготовки к зачету
Зачет учебным планом не предусмотрен.

Перечень контрольных материалов
для защиты курсового проекта/курсовой работы
Курсовая работа/проект учебным планом не предусмотрена.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение **8-го** семестра в форме защиты лабораторных работ, выполнения и защиты расчетно-графического задания.

Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

1. Основные принципы построения цифровых подстанций?
2. Основные отличия структурной схемы традиционной подстанции от цифровой подстанции?
3. Уровень процесса?
4. Уровень присоединения?
5. Уровень подстанции?
6. Сравнительный анализ существующих систем электрических подстанций?
7. Цифровой «двойник» ПС основные положения?
8. Основные положения протокола МЭК 18650?
9. Особенности реализации Архитектуры I цифровой подстанции?
10. Особенности реализации Архитектуры II цифровой подстанции?
11. Особенности реализации Архитектуры III цифровой подстанции?
12. Выбор и проверка цифровых трансформаторов тока (ЦТТ), поддерживающего стандарт МЭК 61850?

13. Выбор и проверка цифровых трансформаторов напряжения, поддерживающего стандарт МЭК 61850?

Защита лабораторных работ

Целью лабораторных работ является изучение технологий цифровой коммуникации, применяемых на объектах электроэнергетики. Рассматриваются основные принципы построения и функционирования микропроцессорных устройств, их назначение в рамках цифровой подстанции.

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа № 1. Разработка цифровой модели двух трансформаторной подстанции в программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3	<p>1. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле СХЕМА задается _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле СХЕМА задается <i>наименование схемы замещения</i>.</p> <p>2. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле НОМ_УЗЛА задается _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле НОМ_УЗЛА задается <i>номер узла схемы замещения</i>.</p> <p>3. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях Р_БАЛАНС, Q_БАЛАНС задаются _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях Р_БАЛАНС, Q_БАЛАНС задаются <i>признаки балансирующего узла по активной и реактивной мощности</i>.</p> <p>4. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях Р_НАГРУЗКИ, Q_НАГРУЗКИ задаются _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях Р_НАГРУЗКИ, Q_НАГРУЗКИ задаются <i>активная мощность нагрузки в МВт и реактивная мощность нагрузки в МВАр соответственно</i>.</p> <p>5. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях Р_ГЕН, Q_ГЕН задаются _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях Р_ГЕН, Q_ГЕН задаются <i>активная мощность генерации в МВт и реактивная мощность генерации в МВАр соответственно</i>.</p> <p>6. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле U_НОМИН задается _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле U_НОМИН задается <i>номинальное напряжение узла в кВ</i>.</p> <p>7. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле НОМ_ВЕТВИ задается _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в поле НОМ_ВЕТВИ задается <i>номер ветви схемы замещения</i>.</p>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>8. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях R_ВЕТВИ, X_ВЕТВИ задаются _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях R_ВЕТВИ, X_ВЕТВИ задаются <i>активное сопротивление ветвей схемы в Ом и реактивное сопротивление ветвей схемы в Ом соответственно.</i></p> <p>9. В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях B_ВЕТВИ, G_ВЕТВИ задаются _____. Эталон ответа: В программном комплексе для расчета установившихся режимов систем электроснабжения RS-3 в полях B_ВЕТВИ, G_ВЕТВИ задаются <i>активная проводимость ветвей на землю в См и реактивная проводимость ветвей на землю в См соответственно.</i></p> <p>10. Как задается напряжение на шинах подстанции в модели?</p> <p>11. Каким блоком моделируются силовые трансформаторы в модели подстанции?</p> <p>12. Каким блоком моделируются воздушные линии в модели подстанции?</p> <p>13. Каким блоком моделируются кабельные линии в модели подстанции?</p> <p>14. Как задается нагрузка в модели подстанции?</p> <p>15. Какие параметры подстанции определяются по имитационной модели?</p>
2.	Лабораторная работа № 2. Моделирование элементов электроэнергетических систем в программно-вычислительном комплексе RastrWin	<p>1. Какие аналоги RastrWin вы знаете?</p> <p>2. В чем отличие RastrWin и RS-3?</p> <p>3. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в поле «Номер» задается _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в поле «Номер» задается <i>номер узла схемы замещения.</i></p> <p>4. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в полях P_н, Q_н задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в полях P_н, Q_н задаются <i>активная мощность нагрузки в МВт и реактивная мощность нагрузки в МВАр соответственно.</i></p> <p>5. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях N_нач, N_кон задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях N_нач, N_кон задаются <i>номер начала ветви и номер конца ветви соответственно.</i></p> <p>6. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях R, X задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях R, X задаются <i>активное сопротивление ветвей схемы в Ом и реактивное сопротивление ветвей схемы в Ом соответственно.</i></p> <p>7. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях G, B задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях G, B задаются <i>активная проводимость ветви в мкСм и реактивная проводимость ветви в мкСм соответственно.</i></p>
3.	Лабораторная работа № 3. Разработка цифровой модели двух трансформаторной подстанции в программно-вычислительном комплексе RastrWin	<p>1. Каким элементом моделируются шины подстанции?</p> <p>2. Как задается напряжение на шинах подстанции в модели?</p> <p>3. Каким блоком моделируются силовые трансформаторы в модели подстанции?</p> <p>4. Каким блоком моделируются воздушные линии в модели подстанции?</p> <p>5. Каким блоком моделируются кабельные линии в модели подстанции?</p> <p>6. Как задается нагрузка в модели подстанции?</p> <p>7. Какие параметры подстанции определяются по имитационной модели?</p> <p>8. Какие аналоги RastrWin вы знаете?</p>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>9. В чем отличие RastrWin и RS-3?</p> <p>10. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в поле «Номер» задается _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в поле «Номер» задается <i>номер узла схемы замещения</i>.</p> <p>11. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в полях P_н, Q_н задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в полях P_н, Q_н задаются <i>активная мощность нагрузки в МВт и реактивная мощность нагрузки в МВАр соответственно</i>.</p> <p>12. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях N_{нач}, N_{кон} задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях N_{нач}, N_{кон} задаются <i>номер начала ветви и номер конца ветви соответственно</i>.</p> <p>13. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях R, X задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях R, X задаются <i>активное сопротивление ветвей схемы в Ом и реактивное сопротивление ветвей схемы в Ом соответственно</i>.</p> <p>14. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях G, B задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях G, B задаются <i>активная проводимость ветви в мкСм и реактивная проводимость ветви в мкСм соответственно</i>.</p>
4.	Лабораторная работа № 4. Разработка цифровой модели участка электрической сети с несколькими подстанциями в программно-вычислительном комплексе RastrWin	<p>1. Каким элементом моделируются шины подстанции?</p> <p>2. Как задается напряжение на шинах подстанции в модели?</p> <p>3. Каким блоком моделируются силовые трансформаторы в модели подстанции?</p> <p>4. Каким блоком моделируются воздушные линии в модели подстанции?</p> <p>5. Каким блоком моделируются кабельные линии в модели подстанции?</p> <p>6. Как задается нагрузка в модели подстанции?</p> <p>7. Какие параметры подстанции определяются по имитационной модели?</p> <p>8. Какие аналоги RastrWin вы знаете?</p> <p>9. В чем отличие RastrWin и RS-3?</p> <p>10. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в поле «Номер» задается _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в поле «Номер» задается <i>номер узла схемы замещения</i>.</p> <p>11. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в полях P_н, Q_н задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Узлы» в полях P_н, Q_н задаются <i>активная мощность нагрузки в МВт и реактивная мощность нагрузки в МВАр соответственно</i>.</p> <p>12. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях N_{нач}, N_{кон} задаются _____. Эталон ответа: В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях N_{нач}, N_{кон} задаются <i>номер начала ветви и номер конца ветви соответственно</i>.</p> <p>13. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях R, X задаются _____. Эталон ответа:</p>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях R, X задаются <i>активное сопротивление ветвей схемы в Ом и реактивное сопротивление ветвей схемы в Ом соответственно</i>.</p> <p>14. В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях G, B задаются _____.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>В программно-вычислительном комплексе RastrWin в таблице «Ветви» в полях G, B задаются <i>активная проводимость ветви в мкСм и реактивная проводимость ветви в мкСм соответственно</i>.</p>
5.	<p>Лабораторная работа № 5. «Защита двухобмоточного трансформатора ЦПС по схеме 100-3Н». Расчеты параметров и уставок типовых устройств для микропроцессорных защит.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите и дайте определение основных встроенных функций и защит блока БЭМП РУ ДЗТ4. 2. Перечислите и дайте определение основных встроенных функций и защит блока БЭМП РУ ДВЗ. 3. Перечислите и дайте определение основных встроенных функций блока БЭМП РУ УСО11. 4. Опишите основные элементы ЛВС объекта и используемые информационные протоколы. 5. Какую функцию выполняет устройства ЭНКС2? 6. Опишите назначение шины процесса и шины станции. Какие данные передаются внутри информационной сети? 7. Какое программное обеспечение необходимо для работы с устройствами компании ЧАЭЗ? Для чего предназначена программа TempExplorer 8. Опишите алгоритм расчета уставок для блоков стенда? Какие требования предъявляются к чувствительности срабатывания защит? 9. Какими программными комплексами пользуются специалисты проектирования энергосистем?
6.	<p>Лабораторная работа № 6. Настройка параметров коммутаторов Ethernet ЛВС цифровой подстанции. Выбор и настройка параметров протокола синхронизации времени PTP.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите порядок информационного обмена на лабораторном стенде. 2. Опишите порядок информационного обмена устройств лабораторного стенда на канальном уровне. 3. Опишите основные принципы и алгоритм назначения параметров: MAC-адрес, IP-адрес, маска подсети и др. 4. Перечислите IP-адреса основных устройств настраиваемой ЛВС. Назначение маски подсети? 5. Назначение протокола резервирования PRP. Опишите принцип его работы и основные топологии сети. 6. Назовите используемые протоколы синхронизации времени. Каково их назначение в организации ЛВС? 7. В чем заключается отличие протокола PTP от SNTP?
7.	<p>Лабораторная работа № 7. Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка Sampled Values (SV) коммуникаций.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите концепцию применения Sampled Values. 2. Опишите структуру данных SV-сообщения шины процесса. 3. Поясните основные параметры SV-сообщений: (MAC-адрес назначения, тег VLAN, приоритет VLAN). 4. Назначение измерения и признака достоверности в наборе данных Sampled Values.? 5. Опишите порядок настройки приёма и передачи SV -сообщений на устройствах стенда. 6. Опишите назначение SV переменных, применяемых в лабораторной работе. 7. Как производится оценка информационной загрузки сети потоком сообщений Sampled Values?
1.	<p>Лабораторная работа № 8. Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка GOOSE коммуникаций.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите концепцию применения GOOSE сообщений в управлении устройствами цифровой подстанции. 2. Опишите структуру данных GOOSE-сообщения шины процесса. 3. Поясните основные параметры GOOSE -сообщений: (MAC-адрес назначения, тег VLAN, приоритет VLAN). 4. Назначение объектов и атрибутов данных в GOOSE-сообщении? 5. Опишите порядок настройки приёма и передачи GOOSE-сообщений на устройствах стенда. В чем заключается настройка коммутаторов для передачи GOOSE-сообщений. 6. Опишите назначение GOOSE переменных, применяемых в лабораторной работе.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (**8-й семестр**) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знания специализированного программного обеспечения для моделирования электрических подстанций.
	Полнота ответов на вопросы.
Умения	Самостоятельность выполнения задания.
	Правильность применения теоретического материала.
	Умения применять специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.
	Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.
	Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.
	Качество оформления заданий.
Навыки	Навыки разработки цифровых моделей электрических подстанций и определения параметров их режимов.
	Выбор методики выполнения задания.
	Анализ и обоснование полученных результатов.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **экзамена:**

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знания специализированного программного обеспечения для моделирования электрических подстанций.	Не знает специализированного программного обеспечения для моделирования электрических подстанций.	С ошибками и неточностями знает специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.

<p>Полнота ответов на вопросы.</p>	<p>Не отвечает на вопросы для защиты РГЗ и на вопросы для подготовки к экзамену.</p>	<p>С ошибками и неточностями отвечает или отвечает лишь на некоторые вопросы для защиты РГЗ и на вопросы для подготовки к экзамену. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.</p>	<p>Уверенно в целом, с небольшими неточностями или в достаточной степени верно отвечает на вопросы для защиты РГЗ и на вопросы для подготовки к экзамену. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.</p>	<p>Безошибочно или полностью верно отвечает на вопросы для защиты РГЗ и вопросы для подготовки к экзамену.</p>
------------------------------------	--	---	--	--

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Самостоятельность выполнения задания.	Не может выполнить РГЗ, в том числе и с дополнительной помощью. Не может подготовить ответы на экзаменационные вопросы, в том числе и с дополнительной помощью.	С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями выполняет РГЗ. С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями отвечает на экзаменационные вопросы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Самостоятельно и в целом уверенно, с небольшими неточностями выполняет РГЗ. Самостоятельно и в целом уверенно, с небольшими неточностями отвечает на экзаменационные вопросы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Самостоятельно выполняет РГЗ. Самостоятельно и безошибочно отвечает на экзаменационные вопросы.
Правильность применения теоретического материала.	При применении теоретического (лекционного) материала допускаются ошибки, относящиеся к защите лабораторных работ, выполнению РГЗ и при ответах на экзаменационные вопросы.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется с ошибками и неточностями при защите лабораторных работ, выполнении РГЗ и при ответах на экзаменационные вопросы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется в целом правильно, с небольшими неточностями при защите лабораторных работ, выполнении РГЗ и при ответах на экзаменационные вопросы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется правильно при защите лабораторных работ, выполнении РГЗ и при ответах на экзаменационные вопросы.
Умения применять специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.	Не может применять специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.	С дополнительной помощью или с ошибками применяет специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.	В целом уверенно, с небольшими неточностями применяет специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.	Безошибочно применяет специализированное программное обеспечение для моделирования электрических подстанций.
Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.	Имеются существенные ошибки при защите лабораторных работ и выполнении РГЗ, не отвечает на дополнительные вопросы.	С ошибками выполняет РГЗ, не отвечает на дополнительные вопросы.	В целом верно, с незначительными неточностями выполняет РГЗ, верно отвечает на дополнительные вопросы.	Безошибочно выполняет РГЗ, верно отвечает на дополнительные вопросы.

Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы по результатам выполнения РГЗ, лабораторных работ.	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов по результатам выполнения РГЗ, лабораторных работ.	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов по результатам выполнения РГЗ, лабораторных работ.	Сравнивает, сопоставляет и обобщает данные, самостоятельно оценивает полученные результаты, делает выводы по результатам выполнения РГЗ, лабораторных работ.
Качество оформления заданий.	РГЗ оформлено не в соответствии с требованиями, не полностью, имеются грубые ошибки. Или РГЗ не оформлено вообще.	РГЗ оформлено не в соответствии с требованиями, неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения, имеются ошибки.	РГЗ оформлено в соответствии с требованиями, в полном объеме, имеются незначительные ошибки, неточности, опечатки.	РГЗ оформлено в соответствии с требованиями, в полном объеме, безошибочно.

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навыки разработки цифровых моделей электрических подстанций и определения параметров их режимов.	Не выполняется разработка цифровых моделей электрических подстанций и определение параметров их режимов.	Разработка цифровых моделей электрических подстанций и определение параметров их режимов выполняется с ошибками.	Разработка цифровых моделей электрических подстанций и определение параметров их режимов выполняется с небольшими недочетами и неточностями.	Разработка цифровых моделей электрических подстанций и определение параметров их режимов выполняется безошибочно.
Выбор методики выполнения задания.	Неверно выбрана методика выполнения РГЗ.	Методика выполнения РГЗ выбрана в целом верно, но имеются неточности и ошибки.	Методика выполнения РГЗ выбрана верно, но имеются недочеты.	Методика выполнения РГЗ выбрана верно с учетом исходных данных.
Анализ и обоснование полученных результатов.	Не произведен анализ результатов лабораторных работ и выполнения РГЗ.	Произведен анализ результатов лабораторных работ и выполнения РГЗ с ошибками, сделаны выводы с недочетами, неточностями и ошибками. Ответы не обоснованы.	Произведен анализ результатов лабораторных работ и выполнения РГЗ, сделаны выводы с небольшими недочетами и неточностями. Ответы обоснованы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.	Произведен анализ результатов лабораторных работ и выполнения РГЗ. Результаты работы обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий.	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
2.	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.	Учебная аудитория кафедры «Электроэнергетика и автоматика» (лаборатория релейной защиты и систем диспетчеризации, компьютерный класс кафедры, лаборатория электроэнергетических систем). Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы.	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 г. Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022 г.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
6.	Microsoft Visio Professional 2013	(№ дог. E04002C51M)
7.	Autodesk AutoCAD 2017 – Русский (Russian)	(№ дог. 7053026340)
8.	PTC Mathcad Prime Express	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
9.	Программный комплекс для расчета	Свободно распространяемое ПО согласно

	установившихся режимов систем электроснабжения RS-3	условиям лицензионного соглашения.
10.	Программно-вычислительный комплекс (ПВК) для решения задач по расчету, анализу и оптимизации режимов электрических сетей и систем RastrWin3	Базовый комплекс (бесплатная студенческая лицензия с ограничением по числу учитываемых узлов сети до 60 узлов).
11.	Программный комплекс для моделирования энергосистем PSCAD (Educational License, на 10 рабочих мест)	Лицензионный договор № 15/2020L от 17 декабря 2020 г.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. - Москва: Академия, 2004. - 447 с.
2. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие / И.П. Крючков [и др.]; под ред. И.П. Крючкова, В. А. Старшинова. - 2-е изд., стер. - Москва: Академия, 2006. - 412 с.
3. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учеб. пособие / Г. Н. Ополева. - Москва: ФОРУМ, 2006. - 479 с.
4. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. / под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова – 4-е изд., перераб и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. Том 2. Современная электроэнергетика / Под ред. профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строева – 632 с.
5. Проектирование схем электроустановок [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по всем специальностям направления подготовки 650900 "Электроэнергетика" / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. - 3-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. URL: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8100>.
6. Валеев, И. М. Концепция управления цифровыми подстанциями будущего: учебное пособие / И. М. Валеев, В. Г. Макаров. – Казань: КНИТУ, 2019. – 152 с.
7. Сборник упражнений по курсу «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» Часть I: учебное пособие / О.П. Алексеев, Р.В. Темкина, Б.А. Сафронов; под ред. Р.В. Темкиной. – М.: Издательство МЭИ, 2016. – 48 с. Издание исправленное и дополненное, в двух частях.
8. Промышленные программно-вычислительные комплексы в электроэнергетике. Методические указания по выполнению лабораторных работ/ сост. Казакул А.А. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013. – 91 с.
9. Исследование электромагнитных переходных процессов в программном комплексе PSCAD на примере простейшей системы электроснабжения: методические указания к практической работе по курсам «Программные продукты в электроэнергетике», «Применение ЭВМ в электроэнергетике», Средства автоматизированного анализа и управления СЭС» для студентов по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Профиль подготовки «Электроснабжение и релейная защита», «Электроэнергетические системы, сети электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность» / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: А.А. Лоскутов – Н.Новгород, 2020. – 56 с.

10. СТО 34.01-21-004-2019. Цифровой питающий центр. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжением 110–220 кВ и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ.

11. СТО 56947007-29.240.10.299-2020. Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦП.

12. Информационное обеспечение задач электроэнергетики: учебное пособие / П.И. Бартоломей, В.А. Тащилин. – Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та, 2015. – 108 с. <http://elar.urfu.ru/handle/10995/34804> (29.12.2018).

13. Применение систем накопления энергии – новая ступень технологического развития систем электроснабжения. М.: Изд-во ООО «Системы накопления электроэнергии», 2019. – 29 с.

14. Мурашев Б.А. Лекция информационного курса «Цифровая трансформация в электросетевом комплексе» по теме «Системы накопления электроэнергии» / Б.А. Мурашев. – М.: Департамент по развитию «Россети Центр», 2019. – 28 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2013. – 560 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38572 (24.12.2017)

2. Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (24.12.2017).

3. Ежемесячная газета «Энергетика и промышленность России» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eprussia.ru/> (28.12.2017).

4. Бесплатная библиотека энергетика [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eprussia.ru/lib/> (28.12.2017).

5. Информационно-справочное издание «Новости электроТехники» <http://www.news.elteh.ru/>

6. Электричество: ежемесячный теоретический и научно-практический журнал / гл. ред. П.А. Бутырин – Москва: Издательство МЭИ, 2018.: схем., табл., ил. – ISSN 2411-1333; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494257> (29.12.2018).

7. Портал журнала Цифровая подстанция <http://digitalsubstation.com>. (29.12.2018).

8. Материалы по PSCAD на русском языке, ЗАО «ЭнЛАБ» <http://ennlab.ru/rus/product/44> (28.12.2018).

9. Материалы сайта «Manitoba» <https://hvdc.ca/pscad>. (07.04.2019).

10. Электроэнергетический Информационный Центр: Бесплатная электротехническая литература, ГОСТы, РД, нормативная документация. Энергетика, электротехника, электроэнергетика - справочники по электроснабжению, электрическим машинам, электрическим сетям и подстанциям. Новости энергетике, аналитика. Форум энергетиков [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.electrocentr.info/> – заглавие с экрана.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ¹

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями²

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

¹ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

² Нужно подчеркнуть