

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
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

« 28 »  2019 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 систем
Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2019

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

« 18 » мая 2019 г., протокол № 12

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

« 18 » мая 2019 г.

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

« 28 » мая 2019 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-2.6. 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 административных и общественных зданий
4	Электрические станции и подстанции
5	Электроэнергетические системы и сети
6	Моделирование электроэнергетических систем
7	Моделирование электротехнических систем
8	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 заняти- ям
1. Цифровые подстанции					
1.1.	Общие сведения о цифровой трансформации в электросетевом комплексе. Программа цифровой трансформации.	3	–	9	3
1.2.	Цифровая подстанция. Стандарт МЭК 61850.	3	–	9	3
1.3.	Цифровые районные электрические сети. Распределенная автоматизация.	3	–	5	3
1.4.	Интеллектуальный учет электроэнергии.	3	–	4	3
1.5.	Центр управления сетями.	3	–		3
1.6.	Системы накопления электроэнергии.	3	–		3
1.7.	Система управления производственными активами. Цифровой электромонтер.	3	–	–	3
1.8.	Беспилотные летательные аппараты для эксплуатации линий электропередачи.	3	–	–	3
1.9.	Современные средства связи и технологии в энергетике.	3	–		3
2. Цифровое моделирование подстанций					
2.1.	Программный комплекс для моделирования энергосистем PSCAD. Обзор, применение, особенности и возможности PSCAD.	3	–	3	3
2.2.	Моделирование элементов электроэнергетических систем с применением программного комплекса PSCAD. Моделирование подстанций с применением программного комплекса PSCAD.	3	–	3	3
	ВСЕГО	33	–	33	54

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

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 8				
1.	Цифровые подстанции. Настройка параметров блоков цифровых защит.	Изучение структуры стенда «Защита двухобмоточного трансформатора ЦПС по схеме 100-3Н». Расчеты параметров типовых устройств для микропроцессорных защит.	5	5
2.	Цифровые подстанции. Конфигурирование параметров информационной сети комплекса РЗА.	Настройка параметров коммутаторов Ethernet ЛВС цифровой подстанции. Выбор и настройка параметров протокола синхронизации времени РТР.	5	5
3.	Цифровые подстанции. Изучение структуры информационного обмена комплекса РЗА.	Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка Sampled Values (SV) коммуникаций.	6	6
4.	Цифровые подстанции. Изучение структуры информационного обмена комплекса РЗА.	Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка GOOSE коммуникаций.	6	6
5.	Цифровое моделирование подстанций.	Разработка имитационной модели электрической подстанции.	6	6
6.	Цифровые подстанции.	Разработка структуры цифровой подстанции.	5	5
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 имитационной модели сети. Задание сформировано с целью приобретения студентами способностей разработки имитационных моделей подстанций и сетей с применением специализированного современного программного обеспечения.

1. Разработать модель сети, приведенную на рис. 1. Базовые исходные данные для элементов соответствующей схемы приведены в пунктах 1-7 примера исходных данных. Недостающие исходные данные в параметрах элементов определить по справочным данным или рассчитать самостоятельно.

2. Создать компоненту какого-либо элемента схемы (кабельной линии, энергосистемы, участка сети - на выбор).

3. Смоделировать короткое замыкание (КЗ) в точках К1 и К2.

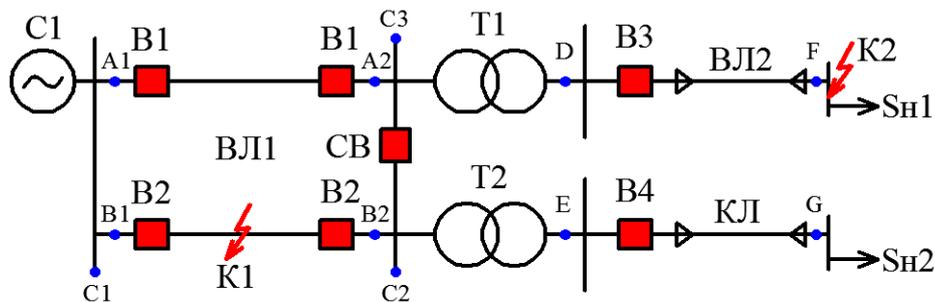


Рис. 1. Схема сети

4. Вывести осциллограммы до КЗ и во время КЗ:

- мгновенных значений токов в т. А1, А2 (на одной панели);
- мгновенных значений напряжения в т. С1, С2 (на одной панели);
- действующих значений (*RMS*) тока и напряжения в т. D и E (на одной панели);
- активной и реактивной мощности в т. G.
- мгновенных значений тока и напряжения в т. F (на одной панели).

5. Подготовить отчет с описанием модели и каждого пункта задания. Сделать выводы.

Отчет должен содержать следующие пункты:

- задание;
- исходные данные;
- описание модели;
- результаты моделирования (с полученными осциллограммами);
- выводы.

Пример исходных данных:

1. Параметры системы С1: $U_{ном} = 110$ кВ; $Z_{c1} = 8$ Ом 85° .

2. Воздушная линия ВЛ1: Марка провода – АС 185/29; Тип двухцепной опоры – П110-4В; Длина – $L = 70$ км; Активное сопротивление провода – $r_o = 0,159$ Ом/км; Радиус провода $r_n = 9,4$ мм.

3. Трансформаторы Т1, Т2: Марка ТДН-25000/110-У1; $S_{ном} = 25$ МВА; $U_{ВН} = 115$ кВ; $U_{НН} = 10,5$ кВ. Недостающие параметры взять из справочной литературы.

4. Воздушная линия ВЛ2: Марка провода – АС 95/16; Тип одноцепной опоры – П20-1Н; Длина – $L = 7$ км; Активное сопротивление провода – $r_o = 0,3$ Ом/км; Радиус провода $r_n = 6,75$ мм.

5. Кабельная линия КЛ (Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена одножильного исполнения): Марка кабеля – ПвПг 185/16-10; Расположение жил – плоскость; Длина – $L = 20$ км; Активное сопротивление – $r_o = 0,128$ Ом/км; Прокладка – воздух.

6. Нагрузка 1: $P_n = 11$ МВт; $Q_n = 6$ МВар.

7. Нагрузка 2: $P_n = 7$ МВт; $Q_n = 1$ МВар.

Недостающие параметры взять из справочной литературы.

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-2.6. 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.	Цифровые подстанции	<ol style="list-style-type: none">1. Субъекты электроэнергетического комплекса, общая информация и структура электросетевой компании.2. Общая информация о цифровой трансформации в электросетевом комплексе.3. Проблемы, решаемые в рамках программы цифровой трансформации. Технологические предпосылки создания концепции цифровизации.4. Цели, задачи и группы мероприятий цифровой трансформации.5. Технологии и этапы цифровой трансформации в электросетевом комплексе.6. Организационные изменения в рамках программы цифровой трансформации в электросетевом комплексе. Проекты первого этапа цифровой трансформации. Создание единых центров управления сетями.7. Создание цифровой подстанции и цифрового РЭС.8. Накопители энергии и цифровой электромонтер.9. Интеллектуальный учет электроэнергии, автоматизированная диагностика ВЛ.10. Государственная инфраструктура по поддержке цифровой трансформации. Изменения в законодательстве реализованное и планируемое.11. Документы в области цифровизации. Что такое цифровая подстанция?12. Стандарт МЭК 61850. Назначение, структура стандарта. Термины, понятия и определения.13. Протоколы стандарта МЭК 61850.14. Структурная схема цифровой подстанции.15. Преимущества цифровой подстанции перед традиционной.16. Уровни эксплуатационной ответственности, основные подходы при создании ЦПС, критерии отнесения к ЦПС.

		<p>17. Информационная безопасность и нормативные документы для построения ЦПС.</p> <p>18. Реализованные проекты ЦПС. Мировой опыт внедрения технологии ЦПС. Выводы по технологии ЦПС.</p> <p>19. Общая информация о районе электрических сетей. Неотключаемая сеть. Отключаемая сеть с неотключаемыми потребителями.</p> <p>20. Подходы к реконструкции распределительных сетей в рамках цифровой трансформации. Направления модернизации основного оборудования цифрового РЭС.</p> <p>21. Технологии цифрового РЭС. Характеристики устройств распределенной автоматизации.</p> <p>22. Порядок работы устройств распределенной автоматизации. Пример работы устройств распределенной автоматизации.</p> <p>23. Элементы распределенной автоматизации на реальной схеме. Питание узла нагрузки от разных секций шин одной подстанции. Питание узла нагрузки от двух подстанций.</p> <p>24. Реклоузер. Определение и назначение. Конструктивное исполнение. Характеристики. Варианты использования.</p> <p>25. Управляемый выключатель нагрузки. Определение и назначение. Конструктивное исполнение. Характеристики. Варианты использования.</p> <p>26. Управляемый разъединитель. Индикаторы короткого замыкания. Характеристики индикаторов КЗ. Пример работы индикаторов КЗ.</p> <p>27. Управляемый стабилизатор напряжения. Современные технологии для распределительных сетей.</p> <p>28. Выводы по масштабной автоматизации распределительных сетей в рамках цифровой трансформации.</p> <p>29. Передача электроэнергии. Общая информация о приборах учета: схемы подключения, маркировка, варианты конструктивного исполнения.</p> <p>30. Общая информация об измерительных трансформаторах тока, их применение в интеллектуальном учете электроэнергии.</p> <p>31. Формирование балансов электроэнергии. Проблемы формирования полезного отпуска электроэнергии.</p> <p>32. Нормативно-правовая база. Законодательные требования по учету электроэнергии. Современные изменения законодательства.</p> <p>33. Ключевые изменения модели деятельности по учету электроэнергии в рамках ФЗ №522. Другие изменения, введенные ФЗ №35-ФЗ.</p> <p>34. Эволюция функционала приборов учета ЭЭ. Структура автоматизированной системы учета электроэнергии. Информационно-вычислительный комплекс верхнего уровня.</p> <p>35. Структура потерь ЭЭ. Достоинства и ограничения существующего процесса отыскания нетехнологических потерь.</p> <p>36. Программный комплекс для анализа потребителей. Предпосылки совмещения функций АИСКУЭ и телемеханики.</p> <p>37. Структурная схема автоматизации ТП 6-20/0,4 кВ. Выводы и ключевые тезисы по интеллектуальному учету ЭЭ.</p> <p>38. Организационная структура оперативно-технологического и ситуационного управления. Диспетчерские пункты центров управления сетями.</p> <p>39. Существующие модели оперативно-технологического управления. Анализ существующих моделей. Возможные варианты целевых моделей оперативно-технологического управления.</p> <p>40. Создание единых центров управления сетями. Организация</p>
--	--	--

		<p>оперативно-технологического и ситуационного управления.</p> <p>41. Организационная структура центров управления сетями. Схема организации каналов связи взаимодействия. Организация информационного обмена между структурными подразделениями.</p> <p>42. Схема распределения оборудования и ЛЭП по способу управления.</p> <p>43. Изменение процесса оперативного управления сетью 0,4 В.</p> <p>44. Требования к оперативно-информационному комплексу ЦУС. Цифровая радиосвязь.</p> <p>45. Введение региональной ГИС и навигационных систем автотранспорта. Внедрение систем видео регистрации.</p> <p>46. Результаты и эффекты создания единого ЦУС 0,4-110 В.</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. Для каких целей возможно использование PSCAD?
2. Для моделирования каких процессов преимущественно рассчитан PSCAD?
Какие элементы позволяет моделировать PSCAD?
3. Какие аналоги PSCAD вы знаете?
4. В чем отличие PSCAD и RastrWin?
5. Каким образом моделируется источник в PSCAD? Какие форматы ввода данных о источнике позволяет делать PSCAD?
6. Какие аварийные процессы позволяет моделировать PSCAD? С помощью какого компонента?
7. На каких временных интервалах PSCAD способен воспроизводить переходный процесс?
8. Можно ли абсолютно доверять результатам моделирования в PSCAD?
9. Какой тип моделирования позволяет реализовать PSCAD?
10. В чем отличия временных настроек моделирования: Duration of Run, Solution Time Step, Channel Plot Step?
11. Для чего нужен Component Wizard?
13. Отличие модели с сосредоточенными параметрами от модели с распределенными параметрами?
14. Каким образом моделируется активная и реактивная нагрузка в компоненте Fixed Load?
15. Какие данные необходимо знать/рассчитать для трансформатора при задании параметров в PSCAD?

16. Из каких составляющих состоит модель кабельной линии? Назначение Cable Configuration, Cable Interface и Breakout?

17. Какие данные необходимо знать/рассчитать для кабеля при задании параметров в PSCAD?

20. Каким образом можно скопировать массив данных и осциллограммы в буфер обмена? От чего будет зависеть размер (количество точек) выгружаемого массива? Как увеличить точность выгружаемого в буфер сигнала?

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. «Защита двухобмоточного трансформатора ЦПС по схеме 100-3Н». Расчеты параметров и уставок типовых устройств для микропроцессорных защит.	<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 VempExplorer8. Опишите алгоритм расчета уставок для блоков стенда? Какие требования предъявляются к чувствительности срабатывания защит?9. Какими программными комплексами пользуются специалисты проектирования энергосистем?
2.	Лабораторная работа № 2. Настройка параметров коммутаторов Ethernet ЛВС цифровой подстанции. Выбор и настройка параметров протокола синхронизации времени РТР.	<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?

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		7. В чем заключается отличие протокола PTP от SNTP?
3.	Лабораторная работа № 3. Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка Sampled Values (SV) коммуникаций.	<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?
4.	Лабораторная работа № 4. Изучение коммуникационных протоколов стандарта МЭК-61850. Настройка GOOSE коммуникаций.	<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.	Лабораторная работа № 5. Разработка имитационной модели электрической подстанции.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каким блоком моделируются шины подстанции? 2. Как задается напряжение на шинах подстанции в модели? 3. Каким блоком моделируются силовые трансформаторы в модели подстанции? 4. Каким блоком моделируются воздушные линии в модели подстанции? 5. Каким блоком моделируются кабельные линии в модели подстанции? 6. Как задается нагрузка в модели подстанции? 7. Какие параметры подстанции определяются по имитационной модели?
6.	Лабораторная работа № 6. Разработка структуры цифровой подстанции.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные принципы построения цифровых подстанций? 2. Сравнительный анализ существующих систем электрических подстанций? 3. Цифровой «двойник» ПС основные положения? 4. Основные положения протокола МЭК18650?

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.
Навыки	Качество оформления заданий.
	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.
Полнота ответов на вопросы.	Не отвечает на вопросы для защиты РГЗ и на вопросы для подготовки к экзамену.	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.	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.	Безошибочно или полностью верно отвечает на вопросы для защиты РГЗ и вопросы для подготовки к экзамену.

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, но 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. Электрические станции и подстанции: конспект лекций: учебное пособие / Д. А. Прасол, Е. В. Жилин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 114 с.
3. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие / И.П. Крючков [и др.]; под ред. И.П. Крюčkова, В. А. Старшинова. - 2-е изд., стер. - Москва: Академия, 2006. - 412 с.
4. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учеб. пособие / Г. Н. Ополева. - Москва: ФОРУМ, 2006. - 479 с.
5. 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.
6. Проектирование схем электроустановок [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по всем специальностям направления подготовки 650900 "Электротехника" / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. - 3-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. URL: <https://elibr.bstu.ru/Reader/Book/8100>.
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. 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.
9. 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.

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

11. 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).

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

13. 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).

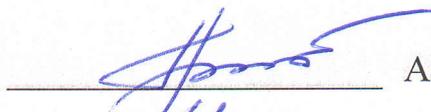
9. Материалы сайта «Manitoba» <https://hvdc.ca/pscad>. (07.04.2019).

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

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » мая 2020 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «15» мая 2021г.

Заведующий кафедрой _____  Белоусов А.В.

Директор института _____  Белоусов А.В.