**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

УТВЕРЖДАЮ
Директор Политехнического института
_____ Доцев Г.В.
03.09.2026

# Цифровые подстанции. Интеллектуальные системы в электроэнергетике

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта**

Учебный план b130302_26_1 эиэ_ЦТвЭЭ.plx
Направление 13.03.02 - РФ, 640200 - КР Электроэнергетика и электротехника
Профиль "Цифровые технологии в электроэнергетике"

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **10 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 360
в том числе:
аудиторные занятия 144
самостоятельная работа 181,9

Виды контроля в семестрах:
экзамен 8
зачет с оценкой 7

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 7 (4.1) | | 8 (4.2) | | Итого | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Недель | 18 | | 14 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 16 | 16 | 32 | 32 | 48 | 48 |
| Лабораторные | 32 | 32 | 16 | 16 | 48 | 48 |
| Практические | 16 | 16 | 32 | 32 | 48 | 48 |
| Контактная работа в период теоретического обучения | 0,1 | 0,1 | 2 | 2 | 2,1 | 2,1 |
| Контактная работа в период экзаменационной сессии | | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Итого ауд. | 64 | 64 | 80 | 80 | 144 | 144 |
| Контактная работа | 64,1 | 64,1 | 82,3 | 82,3 | 146,4 | 146,4 |
| Сам. работа | 79,9 | 79,9 | 102 | 102 | 181,9 | 181,9 |
| Часы на контроль | | | 31,7 | 31,7 | 31,7 | 31,7 |
| Итого | 144 | 144 | 216 | 216 | 360 | 360 |

Программу составил(и):
*к.т.н., доцент Симаков Юрий Павлович* _____
*ст. преп. Дон Алексей Олегович* _____

Рецензент(ы):
*д.т.н., профессор, Аккозиев Имиль Акунович* _____

Согласовано РОП:
*Сейдакматова Замира Джумабаевна* _____

Рабочая программа дисциплины
**Цифровые подстанции. Интеллектуальные системы в электроэнергетике**

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

Направление 13.03.02 - РФ, 640200 - КР Электроэнергетика и электротехника
Профиль "Цифровые технологии в электроэнергетике"

утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта

Протокол от 02.09.2026 г. № 1
Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.
Руководитель подразделения: Алсеитов Мирлан Тилегенович _____

# ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
# к рабочей программе дисциплины (модуля)

**Цифровые подстанции. Интеллектуальные системы в электроэнергетике**

| № п/п | Основание внесения изменения | Раздел/ пункт | Содержание изменения |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |

| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | |
|---|---|
| 1.1 | Целью дисциплины является изучение методов проектирования и эксплуатации цифровых подстанций, получение знаний об основной электрооборудовании цифровых подстанций и методах организации информационного обмена на цифровых подстанциях. |

| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП | |
|---|---|
| Цикл (раздел) ООП: | Б1.О..ДВ.01 |
| **2.1** | **Требования к предварительной подготовке обучающегося:** |
| 2.1.1 | Б1.О..04. Промышленная электроника |
| 2.1.2 | Б1.О..03. Теоретические основы электротехники |
| 2.1.3 | Б1.В.1.02. Электрические станции и подстанции. |
| 2.1.4 | Б1.В.1.05. Релейная защита и автоматизация системы управления электроэнергетических систем |
| 2.1.5 | Б1.В.1.03. Технические средства диспетчерского и технологического управления |
| 2.1.6 | Б1.В.1.06. Интеллектуальные средства и системы управления и защиты электрических сетей |
| **2.2** | **Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:** |
| 2.2.1 | Б3.О.02. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена |
| 2.2.2 | Б3.О.03. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |

| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | |
|---|---|
| **ПК-7: Способен анализировать технические характеристики современных систем электропроводов и преобразовательной техники** | |
| **Знать:** | |
| Уровень 1 | Суть цифровой подстанции (ЦПС): в ней информационный обмен между элементами (релейная защита, автоматика, мониторинг, управление) идёт в цифровом виде. |
| Уровень 2 | Трёхуровневую архитектуру по МЭК 61850:<br>Уровень процесса: первичное оборудование, цифровые измерительные трансформаторы (они оцифровывают аналоговые сигналы тока и напряжения).<br>Уровень присоединения: интеллектуальные электронные устройства — терминалы РЗА, контроллеры, регистраторы аварийных событий. Они обрабатывают данные и выдают команды.<br>Уровень станции: SCADA-системы, серверы, АРМ операторов, шлюзы для связи с диспетчерскими центрами — здесь данные обобщаются, визуализируются и передаются дальше. |
| Уровень 3 | Какие технологии лежат в основе: оптоволоконные линии связи, разные типы сообщений.<br>Цели внедрения: повысить надёжность и гибкость сети, снизить эксплуатационные затраты, создать базу для «необслуживаемых» подстанций. |
| **Уметь:** | |
| Уровень 1 | определять тип оборудования по характеристикам, читать документацию, выполнять простые расчёты (сечение, КПД). |
| Уровень 2 | сравнивать параметры разных решений, моделировать режимы работы в ПО, выявлять расхождения заявленных и реальных характеристик. |
| Уровень 3 | проводить технико- экономический анализ, обосновывать выбор оборудования и предлагать решения по модернизации. |
| **Владеть:** | |
| Уровень 1 | работой с паспортами и стандартами, базовыми расчётами параметров электропроводов и преобразователей. |
| Уровень 2 | моделированием и экспериментальной оценкой характеристик, оформлением технических отчётов. |
| Уровень 3 | системным анализом и оптимизацией решений для цифровых подстанций, подготовкой обоснований для проектных и эксплуатационных решений. |

| **ПК-2: Способен выполнять анализ, расчет и участвовать в проектировании электрических станций и подстанций, и в электро - энергоустановках** | |
|---|---|
| **Знать:** | |
| Уровень 1 | принципы построения главных схем подстанций, базовые методы расчёта токов короткого замыкания, нагрузок и выбора оборудования. |
| Уровень 2 | нормативную базу проектирования подстанций, методы анализа режимов, расчётов устойчивости и выбора коммутационного оборудования. |
| Уровень 3 | принципы проектирования цифровых подстанции, интеграции систем РЗА, измерительных трансформаторов и автоматизации на всех уровнях. |

| | |
|---|---|
| **Уметь:** | |
| Уровень 1 | составлять однолинейные схемы, выполнять базовые расчёты токов КЗ и нагрузок, выбирать основное оборудование по каталогам. |
| Уровень 2 | проводить анализ режимов и устойчивости, обосновывать выбор схемы и параметров оборудования, оформлять проектную документацию. |
| Уровень 3 | участвовать в комплексном проектировании цифровых подстанций, включая структуру вторичных систем, РЗА и интеграции цифровых технологий. |
| **Владеть:** | |
| Уровень 1 | методами типовых электротехнических расчётов и работы с каталогами оборудования. |
| Уровень 2 | навыками анализа режимов, выбора оборудования и оформления проектных решений. |
| Уровень 3 | комплексным подходом к проектированию цифровых подстанций с учётом первичных и вторичных систем, нормативных требований и современных технологий. |

| **ПК-1: Способен применять цифровые системы (современные программно- вычислительные комплексы) в области электроэнергетики** | |
|---|---|
| **Знать:** | |
| Уровень 1 | назначение и базовые функции программно-вычислительных комплексов для расчётов режимов и моделирования электроэнергетических объектов. |
| Уровень 2 | возможности и ограничения основных программно-вычислительных комплексов (ПВК) применительно к расчёту режимов и моделированию цифровых подстанций. |
| Уровень 3 | методы интеграции ПВК в единый процесс проектирования и анализа, подходы к верификации и валидации результатов. |
| **Уметь:** | |
| Уровень 1 | работать с интерфейсом ПВК, вводить исходные данные и выполнять типовые расчёты режимов. |
| Уровень 2 | моделировать схемы подстанций, анализировать результаты расчётов, выявлять проблемные режимы и подбирать параметры оборудования. |
| Уровень 3 | комплексно применять несколько ПВК для совместного решения проектных и исследовательских задач, оценивать адекватность моделей. |
| **Владеть:** | |
| Уровень 1 | базовыми приёмами работы в программно-вычислительных комплексах. |
| Уровень 2 | навыками моделирования и расчётного анализа режимов цифровых подстанций в ПВК. |
| Уровень 3 | методологией комплексного применения цифровых систем для решения профессиональных задач электроэнергетики. |

| **ОПК-1: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности** | |
|---|---|
| **Знать:** | |
| Уровень 1 | базовые принципы работы информационных технологий, применяемых в электроэнергетике (сети, базы данных, АСУ ТП). |
| Уровень 2 | архитектуру информационных систем цифровых подстанций, принципы обмена данными между уровнями. |
| Уровень 3 | перспективные цифровые технологии и их применение в задачах электроэнергетики. |
| **Уметь:** | |
| Уровень 1 | использовать базовые ИТ-инструменты для обработки данных и оформления профессиональных документов. |
| Уровень 2 | настраивать и интерпретировать данные информационных систем подстанции, применять протоколы обмена для решения прикладных задач. |
| Уровень 3 | оценивать применимость и внедрять современные цифровые технологии для повышения эффективности работы подстанций. |
| **Владеть:** | |
| Уровень 1 | базовыми ИТ-навыками для работы с данными и документацией. |
| Уровень 2 | инструментами работы с информационными системами цифровых подстанций (SCADA, системы мониторинга). |
| Уровень 3 | методами выбора и внедрения информационных технологий для решения профессиональных задач в электроэнергетике. |

| **УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач** | |
|---|---|
| **Знать:** | |
| Уровень 1 | основные источники научно-технической информации по цифровым подстанциям, методы поиска и базовые принципы системного подхода. |

| | |
|---|---|
| Уровень 2 | методы критического анализа и синтеза информации, структуру системного исследования применительно к задачам цифровизации подстанций. |
| Уровень 3 | передовые подходы к интеграции разнородных данных (нормативы, научные публикации, эксплуатационные сведения) для комплексного решения проектных и эксплуатационных задач. |
| **Уметь:** | |
| Уровень 1 | находить и отбирать релевантную информацию по тематике цифровых подстанций, структурировать её для решения учебных задач. |
| Уровень 2 | критически оценивать достоверность источников, сопоставлять данные, формулировать выводы и применять системный подход к анализу задач. |
| Уровень 3 | синтезировать информацию из различных областей для обоснования технических решений, учитывать взаимосвязи подсистем цифровой подстанции. |
| **Владеть:** | |
| Уровень 1 | навыками поиска и первичной обработки научно-технической информации. |
| Уровень 2 | методами критического анализа источников и системного описания задач. |
| Уровень 3 | комплексным системным подходом к решению многомерных задач проектирования и эксплуатации цифровых подстанций. |

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

| | |
|---|---|
| **3.1** | **Знать:** |
| 3.1.1 | Знать технические параметры и характеристики современного оборудования: типы и особенности цифровых измерительных трансформаторов, принципы работы ИЭУ, архитектуру систем автоматизации подстанций, принципы построения интеллектуальных систем управления. |
| **3.2** | **Уметь:** |
| 3.2.1 | Уметь анализировать технические характеристики: сопоставлять параметры оборудования с требованиями к режимам работы сети, оценивать влияние изменений в преобразовательной технике (например, внедрение мощных полупроводниковых приборов) на стабильность и эффективность системы, интерпретировать данные мониторинга (осциллограммы, тренды параметров) для выявления аномалий и прогнозирования отказов. |
| **3.3** | **Владеть:** |
| 3.3.1 | Владеть методами анализа: навыками работы со специализированным ПО для моделирования и расчёта характеристик систем, способами оценки эффективности внедрения цифровых и интеллектуальных решений, подходами к выявлению и минимизации рисков (кибербезопасность, совместимость оборудования). |

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Компетен-ции | Литература | Инте ракт. | Пр. подг. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Раздел 1. Основы цифровых подстанций** | | | | | | | |
| 1.1 | Современные условия эксплуатации и обслуживания оборудования подстанций /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 1.2 | Понятие цифровой подстанции, история развития и основные направления цифровизации электроэнергетики. /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 1.3 | Сравнительный анализ традиционных и цифровых подстанций. /Пр/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 1.4 | Архитектура цифровой подстанции. /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 1.5 | Разработка структурной схемы цифровой подстанции. /Пр/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 1.6 | Теоретическое исследование основ построения цифровых подстанций. /Ср/ | 7 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 2. Оборудование цифровых подстанций** | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.1 | Первичное оборудование цифровых подстанций. Электронные и оптические измерительные трансформаторы. /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 2.2 | Выбор интеллектуальных электронных устройств для цифровой подстанции. /Пр/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 2.3 | Интеллектуальные электронные устройства. Цифровые микропроцессорные терминалы. /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 2.4 | Лабораторная работа №1. Исследование работы первичных трансформаторов тока и напряжения цифровой подстанции /Лаб/ | 7 | 8 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 2.5 | Лабораторная работа №2. Исследование работы трехфазных выключателей цифровой подстанции /Лаб/ | 7 | 6 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 2.6 | Теоретическое исследование оборудования цифровых подстанций /Ср/ | 7 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 3. Передача данных в цифровых подстанциях** | | | | | | | |
| 3.1 | Передача измерительных данных и дискретных сигналов в цифровых подстанциях. /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.2 | Расчёт параметров коммуникационной сети цифровой подстанции. /Пр/ | 7 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.3 | Коммуникационные сети цифровых подстанций. Топологии, оборудование и принципы организации связи. /Лек/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.4 | Схемы информационного обмена между устройствами цифровой подстанции /Пр/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.5 | Теоретическое исследование передачи данных в цифровых подстанциях /Ср/ | 7 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.6 | Лабораторная работа №3. Исследование работы приборов учета электрической энергии цифровой подстанции /Лаб/ | 7 | 6 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.7 | Лабораторная работа №4. Настройка параметров цифровых защит цифровой подстанции /Лаб/ | 7 | 6 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 3.8 | Лабораторная работа №5. Изучение структуры информационного обмена комплекса РЗиА цифровой подстанции /Лаб/ | 7 | 6 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 4. «Сети и системы связи на подстанциях» - международный стандарт МЭК-61850** | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.1 | Основы стандарта МЭК-61850. Протоколы связи для интеллектуальных электронных устройств на электрических подстанциях. /Лек/ | 7 | 1 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 4.2 | Архитектура подстанции согласно МЭК-61850 /Лек/ | 7 | 1 | | | | | |
| 4.3 | Изучение и анализ информационной модели МЭК-61850 на примере оборудования подстанции /Пр/ | 7 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 4.4 | Прикладное применение стандарта МЭК-61850 /Пр/ | 7 | 2 | | | | | |
| 4.5 | Теоретическое изучение стандарта МЭК-61850 /Ср/ | 7 | 19,9 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 4.6 | /КрТО/ | 7 | 0,1 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 5. Построение цифрового двойника подстанции** | | | | | | | |
| 5.1 | Цифровой двойник подстанции /Лек/ | 8 | 2 | | | | | |
| 5.2 | Разработка структурной и функциональной схем цифровой подстанции с использованием МЭК-61850 /Пр/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 5.3 | Принципы построения цифрового двойника подстанции /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 5.4 | Построение цифрового двойника подстанции /Пр/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 5.5 | Теоретическое исследование основ построения цифровой подстанции /Ср/ | 8 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 6. Релейная защита на цифровых подстанциях** | | | | | | | |
| 6.1 | Цифровые системы релейной защиты. /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 6.2 | Логика работы цифровых релейных защит /Пр/ | 8 | 2 | | | | | |
| 6.3 | Реализация основных функций релейной защиты на цифровых подстанциях /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 6.4 | Настройка цифровых релейных защит /Пр/ | 8 | 2 | | | | | |
| 6.5 | Лабораторная работа №6. Конфигурирование параметров информационной сети комплекса РЗиА цифровой подстанции /Лаб/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 6.6 | Реализация основных функций релейной защиты на цифровых подстанциях /Ср/ | 8 | 10 | | | | | |
| | **Раздел 7. Автоматика на цифровых подстанциях** | | | | | | | |
| 7.1 | Цифровые системы автоматизации. /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7.2 | Реализация основных функций автоматики на цифровых подстанциях /Лек/ | 8 | 2 | | | | | |
| 7.3 | Разработка схемы взаимодействия устройств релейной защиты и автоматики цифровой подстанции /Пр/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 7.4 | Автоматизированные системы управления технологическими процессами цифровых подстанций /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 7.5 | Теоретическое исследование основ и автоматизации цифровых подстанций /Ср/ | 8 | 10 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 8. Эксплуатация цифровых подстанций** | | | | | | | |
| 8.1 | Диспетчеризация цифровых подстанций /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.2 | Разработка функциональной схемы автоматизированной системы управления технологическими процессами подстанции /Пр/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.3 | Испытания, диагностика и техническое обслуживание цифровых подстанций /Лек/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.4 | Разработка управления и контроля параметров на цифровой подстанции /Пр/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.5 | Разработка программы испытаний и технического обслуживания цифровой подстанции /Пр/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.6 | Лабораторная работа №7. Расчет и выбор оборудования цифровой подстанции /Лаб/ | 8 | 6 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.7 | Лабораторная работа №8. Выбор каналов связи цифровой подстанции /Лаб/ | 8 | 6 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 8.8 | Теоретическое исследование принципов управления цифровыми подстанциями /Ср/ | 8 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| | **Раздел 9. Перспективы развития цифровых подстанций. Кибербезопасность** | | | | | | | |
| 9.1 | Перспективы развития цифровых подстанций /Лек/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.2 | Централизованная защита цифровых подстанций /Лек/ | 8 | 2 | | | | | |
| 9.3 | Протоколы передачи данных на цифровых подстанциях /Лек/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.4 | Разработка информационной модели и конфигурации устройств цифровой подстанции /Пр/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.5 | Кибербезопасность цифровых подстанций. Угрозы, уязвимости и методы защиты /Лек/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9.6 | Анализ угроз информационной безопасности и разработка мероприятий по защите цифровой подстанции /Пр/ | 8 | 4 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.7 | Теоретическое исследование актуальных протоколов передачи данных /Ср/ | 8 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.8 | Теоретическое исследование основных кибер угроз цифровым подстанциям /Ср/ | 8 | 20 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.9 | Исследования перспектив развития цифровых подстанций /Ср/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.10 | /КрТО/ | 8 | 2 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 9.11 | /КрЭк/ | 8 | 0,3 | ПК-2 ПК-7 УК-1 ОПК-1 ПК-1 | Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ:

1. Предпосылки и цели цифровизации электроэнергетики. Концепция Smart Grid и её отличия от традиционных сетей.
2. Современные системы эксплуатации и обслуживания электротехнического оборудования подстанций. Виды ремонтов и периодичность обслуживания.
3. Оперативные переключения и управление подстанционным оборудованием. Предупреждение и ликвидация технологических нарушений.
4. Общие и базовые принципы построения архитектуры цифровой подстанции. Уровни процесса, присоединения и станции.
5. Функциональное резервирование и самодиагностика оборудования.
6. Основы обеспечения электромагнитной совместимости. Информационная безопасность цифровой подстанции.
7. Программное, информационное и метрологическое обеспечение цифровой подстанции.
8. Идентификация технологических систем подстанций. Обобщённая информационная модель. Иерархия классов оборудования.
9. Обзор существующих тенденций при построении цифровой подстанции.
10. Состав и функции интеллектуального первичного оборудования. Оптические измерительные трансформаторы тока и напряжения.
11. Состав и функции интеллектуального вторичного оборудования. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики.
12. Датчики состояния оборудования. Системы сбора и передачи данных. Концентраторы и шлюзы.
13. Интеллектуальный учёт электроэнергии на цифровой подстанции.
14. Автоматизированная диагностика оборудования подстанции.
15. Назначение и содержание основных глав стандарта МЭК 61850. Типы дополнительных документов.
16. Отличительные особенности стандарта МЭК 61850 по сравнению с другими протоколами обмена данными.
17. Абстрактная информационная модель цифровой подстанции. Логические узлы, логические устройства, типы данных.
18. Стандартизация информационного обмена между логическими узлами. Сервисы управления данными ACSI.
19. Язык описания конфигурации подстанции SCL. Файлы спецификации и конфигурации.
20. Корпоративный профиль МЭК 61850. Требования к реализации.
21. Протокол MMS. Принципы формирования отчётов и журналов. Взаимодействие серверов со SCADA-системами. Принцип клиент-сервер.
22. Протокол GOOSE. Принципы передачи дискретной информации. Принцип издатель-подписчик.
23. Протокол SV. Основы преобразования аналоговых величин. Характеристики потока выборочных значений.
24. Протоколы резервирования. Назначение и области применения.
25. Протоколы синхронизации времени на подстанции. Требования к точности и методы обеспечения синхронности.
26. Состав, этапы и последовательность предпроектного обследования и проектирования цифровых подстанций.
27. Требования нормативно-технической документации к проектированию цифровых подстанций.
28. Сравнительный анализ структуры капитальных затрат при строительстве традиционной и цифровой подстанции.
29. Примеры реализации цифровых подстанций. Особенности настройки систем автоматического управления.
30. Программные комплексы для проектирования и обслуживания цифровой модели подстанции в рамках протокола МЭК 61850.

Вопросы для проверки уровня обученности УМЕТЬ:

1. Выбирать архитектуру цифровой подстанции в зависимости от заданных условий проектирования.
2. Проектировать схемы первичного и вторичного оборудования цифровых подстанций.
3. Подбирать оборудование полевого уровня с применением оптических и электромагнитных измерительных трансформаторов.
4. Разрабатывать таблицу коммутаций коммутатора по заданной структуре локально-вычислительной сети.
5. Назначать и рассчитывать параметры адресации между устройствами в коммуникационной сети.
6. Структурировать объектную модель цифрового энергообъекта для описания функций и состава первичного и вторичного оборудования.
7. Создавать конфигурационные файлы на языке SCL с использованием уровней иерархии и основного синтаксиса.
8. Настраивать вторичное оборудование для осуществления коммуникационного обмена.
9. Анализировать сетевой трафик цифровой подстанции с применением программных средств мониторинга коммуникационной сети.
10. Выбирать сетевые настройки передачи данных в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.
11. Применять основные подходы и методики предпроектного обследования в соответствии с техническим заданием.
12. Сравнивать структуры капитальных затрат при строительстве традиционной и цифровой подстанции.
13. Использовать испытательные комплексы для тестирования протоколов МЭК 61850.
14. Интерпретировать данные телеизмерений и телесигналов от устройств цифровой подстанции.
15. Обосновывать выбор оборудования для цифровизации подстанции с учётом класса напряжения и графика нагрузок.

Вопросы для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ:
1. Выполнять настройку и испытание интеллектуального первичного оборудования на лабораторном стенде или в программной модели.
2. Выполнять настройку и испытание интеллектуального вторичного оборудования с поддержкой МЭК 61850.
3. Выполнять анализ сетевого трафика цифровой подстанции с применением анализаторов протоколов.
4. Создавать файлы спецификации и конфигурации подстанции с применением системных конфигураторов.
5. Настраивать протоколы передачи данных на лабораторном стенде или испытательном комплексе.
6. Настраивать параметры коммутаторов Ethernet локально-вычислительной сети цифровой подстанции.
7. Выбирать и настраивать параметры протоколов синхронизации времени в локально-вычислительной сети.
8. Выполнять тесты производительности интеллектуальных электронных устройств.
9. Выполнять тесты синхронизации времени и точности интеллектуальных электронных устройств.
10. Разрабатывать цифровую модель подстанции в программно-вычислительном комплексе.
11. Самостоятельно находить, анализировать и применять положения нормативных документов при проектировании цифровых подстанций.
12. Самостоятельно изучать и систематизировать теоретический материал по архитектуре, оборудованию и протоколам цифровой подстанции. Составлять конспект и структурно-логические схемы по каждому разделу.

**5.2. Темы курсовых работ (проектов)**

Учебным планом не предусмотрено.

**5.3. Фонд оценочных средств**

1.Темы рефератов
2. Темы опросов
3. Темы тестов и практических занятий
4. Методические указания для выполнения лабораторных работ

**5.4. Перечень видов оценочных средств**

1.Рефераты
2. Устные опросы
3. Тесты
4. Практические занятия - решение задач
5. Выполнение и защита лабораторных работ

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
|---|---|---|---|
| Л2.1 | Микаева С.А., Микаева А.С. | Промышленная электроника. Актуальные электронные приборы, устройства, установки и системы: монография | Москва: РУСАЙНС 2023 |
| Л2.2 | Точчи Рональд Дж., Уидмер Нил С. | Цифровые системы. Теория и практика: научно-популярное издание. Парал. тит. англ. | М.: ООО "И.Д. Вильямс" 2018 |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

| | | |
|---|---|---|
| Э1 | СТО 34.01-21-005-2019 ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЦИФРОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4-220 КВ | https://www.aukrm.ru/upload/iblock/ad6/CTO_34.01-21- |

| | | |
|---|---|---|
| Э2 | СТО 56947007- 29.240.10.299-2020 Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС | https://energeteek.ru/images/users_images/ntd/ntd_328/ |
| Э3 | ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЭК 61850 ПРИ СОЗДАНИИ ССПИ ПОДСТАНЦИЙ | https://enip2.ru/Publication/ES_AIT_7.pdf |
| Э4 | Портал "Цифровая подстанция" | http://digitalsubstation.com/ |

| | |
|---|---|
| **6.3. Перечень информационных и образовательных технологий** | |
| **6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии** | |
| 6.3.1.1 | Традиционные образовательные технологии -лекции, практика, СРС |
| 6.3.1.2 | Инновационные технологии - интерактивная доска |
| 6.3.1.3 | Информационные технологии: компьютерные программы Microsoft Word и Excel, AutoCad, MATLAB, RastrWin, DeltaProfi. |
| **6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения** | |
| 6.3.2.1 | Internet ресурсы: |
| 6.3.2.2 | Централизованный банк данных правовой информации Кыргызской Республики: https://cbd.minjust.gov.kg/ - Типовые инструкции Министерства энергетики Кыргызской Республики |
| 6.3.2.3 | Сайт компании "Лабораторные системы" (Лабсис): https://labsys.ru/ |
| 6.3.2.4 | Научная электронная библиотека: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp |
| 6.3.2.5 | Электронно-библиотечная система "Лань": https://e.lanbook.com/ |

| **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | |
|---|---|
| 7.1 | Для обеспечения освоения дисциплины имеются учебные аудитории, оснащенные мультимедийными средствами ауд. 4/114 для лекционных и практических занятий (24 посадочных мест) и лаборатории электрооборудования ауд. 3/105 (8 посадочных мест), оснащенные учебными стендами для выполнения лабораторных работ. |

| **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** |
|---|
| Технологическая карта (приложение 1) |