

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ

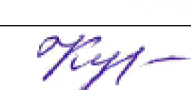
 Матвеев А.С.
«25» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**Автоматизированные системы технологического управления
цифровыми подстанциями**

Направление подготовки	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа	Цифровая энергетика		
Специализация	Оперативно-диспетчерское управление в энергосистемах		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		16
	Лабораторные занятия		16
	ВСЕГО		48
Самостоятельная работа, ч			60
ИТОГО, ч			108

Вид промежуточной аттестации	Зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ ИШЭ
------------------------------	--------------	------------------------------	----------------

И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения на правах кафедры ОЭЭ Руководитель ООП		А.С. Ивашутенко
		Н.Л. Бацева
		Е.О. Кулешова

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК (У)-4	Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию электрооборудования объектов электроэнергетики, включая цифровые подстанции, микропроцессорные защиты, комплексы противоаварийной автоматики, телемеханики	И. ПК (У)-4.2	Организация и выполнение работ по эксплуатации телемеханики	ПК (У)-4.231	Знает типы протоколов передачи данных; принципы работы сетей коммуникации; параметры информационной сети объектов электроэнергетики, устройств и комплексов
				ПК (У)-4.2У1	Умеет анализировать и настраивать параметры информационной сети объекта электроэнергетики, устройств и комплексов
ПК (У)-2	Способен применять нормативно-техническую документацию для разработки проектной документации и при эксплуатации энергообъектов и электротехнических устройств	И. ПК (У)-2.1	Применяет нормативно-техническую документацию для создания проектов и в эксплуатационной деятельности	ПК (У)-2.131	Знает нормативно-техническую документацию в области проектной и эксплуатационной деятельности; требования к объектам электроэнергетики и их компонентам
				ПК (У)-2.1У1	Умеет производить отбор необходимой нормативно-технической документации
				ПК (У)-2.1В1	Владеет опытом применения требований нормативно-технической документации при проектировании объектов электроэнергетики, их компонентов и при эксплуатации электрооборудования

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части междисциплинарного профессионального модуля учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД-1	Знает основную нормативно-техническую документацию, применяемую для цифровых подстанций, цифровые интерфейсы и протоколы передачи данных, различает архитектуры построения ЦПС.	И. ПК (У)-2.1 И. ПК (У)-4.2
РД-2	Умеет использовать интерфейсы цифровых устройств для проектирования АСУ ТП ПС, разрабатывать схему ИТС и ЛВС.	И. ПК (У)-4.2
РД-3	Владеет навыками построения ЦПС с IED-устройствами в формате МЭК 61850.	И. ПК (У)-4.2 И. ПК (У)-2.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Введение в дисциплину	РД-1	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. Развитие цифровых технологий в электроэнергетике	РД-1 РД-2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел 3. Интерфейсы микропроцессорных устройств последовательный и радиальный	РД-1 РД-2	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел 4. Протоколы обмена стандартных интерфейсов в электроэнергетике	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 5. ГОСТ МЭК (IEC) 61850	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение в дисциплину

Рассматриваются роль и место цифровых подстанций в развитии мировой электроэнергетики и электроэнергетики России.

Темы лекций:

1. Термины и определения, понятия, область применения автоматизированных систем технологического управления цифровыми подстанциями. Статистика строительства ЦПС в мире. Задачи, идеология развития АСТУ ЦПС; цифровые РЭС, цифровые ПЭС, цифровая ОЭС.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование структуры и параметров конфигурации SCL – модели.

Раздел 2. Развитие цифровых технологий в электроэнергетике

Приведены сведения о развитии цифровых подстанций и их компонентов.

Темы лекций:

1. Структурная схема АСТУ ЦПС, концепция построения. Взаимодействие технологических подсистем (РЗА, ПА, ОМП, СОПТ, ЩСН, СКУД, СТТ, ОПС, АИИС КУЭ) в АСТУ ЦПС.
2. Дискретные сигналы в электроэнергетике. Аналоговые релейные (вторичные) цепи ТТ, ТН в МП РЗА, РАС и аналоговые измерительные (вторичные) цепи ТТ, ТН в ПА, ССПИ, АИИС КУЭ. Аналого-цифровой преобразователь. Импульсный сигнал. Микроэлектроника.

Названия лабораторных работ:

1. Настройка автоматизированного рабочего места.

Практические занятия

1. Разработка схемы информационно-технических средств (ИТС).

Раздел 3. Интерфейсы микропроцессорных устройств последовательный и радиальный

Рассматриваются способы и технологии передачи информации на цифровых подстанциях.

Темы лекций:

1. Стандартные последовательные интерфейсы в электроэнергетике. Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ, TTL) в МП РЗА, ИРПС («токовая петля»), RS-232 (V. 24/V. 28), RS 422, RS 485. Стандартные радиальные интерфейсы в электроэнергетике. CAN-шина, Profibus, Ethernet, Fast Ethernet.
2. Структурированные кабельные сети (СКС). Медные и оптические интерфейсы. Коннекторы, стандартные разъёмы для «меди» и «оптики» как составная часть интерфейса. Шины интерфейсов. Шина подстанции и шина процесса.

Практические занятия:

1. Построение информационно-технических средств автоматизированной системы управления технологическими процессами (ЛВС АСУ ТП) ПС.

Раздел 4. Протоколы обмена стандартных интерфейсов в электроэнергетике

Рассматриваются стандартные протоколы передачи информации.

Темы лекций:

1. Архитектура и стандартизация сетей. Многоуровневая модель OSI. Сетевые коммуникации как основа АСТУ ЦПС. Модуляция. Модемные протоколы (V.17; V.21 - V.34; ZyCELL; HDLC; MNP; V.24; V.28) классификация. Протоколы обмена информацией МП устройств последовательных интерфейсов в электроэнергетике (MODBUS RTU, MODBUS ASCII, ANSI, Profibus DP, Систел, ВВnet, МЭК (IEC) 60870-5-101-2006, МЭК (IEC) 60870-5-103-2005).
2. Протоколы обмена информацией МП устройств радиальных интерфейсов в электроэнергетике, семейство протоколов TCP/IP для Ethernet (Telnet, UDP, FTP, MODBUS TCP, DNP3 семейство сетевых протоколов IEEE 802, МЭК (IEC) 60870-5-104-2004). Протоколы обмена информацией IED устройств (МЭК (IEC) 61850-8-1, МЭК (IEC) 61850-9-2 LE, МЭК 61968/61970 (CIM-модель)). Протоколы межмашинного обмена (ММО) диспетчерских центров (OPC; FDST IEC 60870-6-503 (ICCP/TASE.2) в SCADA СК-2003, СК-2007, СК-2011, КОТМИ-NT, КОТМИ-14.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение формата передачи данных в соответствии с протоколом MMS по стандарту МЭК-61850
2. Изучение формата передачи данных в соответствии с протоколом GOOSE по стандарту МЭК-61850.
3. Изучение формата передачи данных в соответствии с протоколом SV по стандарту МЭК-61850.

Практические занятия

1. Присвоение адресации коммутационным устройствам ЛВС АСУ ТП ПС.

Раздел 5. ГОСТ МЭК (IEC) 61850

Раздел направлен на изучение нормативно-технической документации в области проектирования цифровой части подстанции, энергопредприятий, энергорайона и энергосистемы.

Темы лекций:

1. Серия МЭК 61850 части 1 – 10. Концепция построения ЦПС с IED. Практическая реализация АСТУ ЦПС в электроэнергетике. АСТУ цифрового энергорайона, энергопредприятия, энергосистемы.

Названия лабораторных работ:

1. Создание SSD и SCD файлов конфигурации ПС.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Скляр В. В. Обеспечение безопасности АСУТП в соответствии с современными стандартами / В. В. Скляр. – Москва: Инфра-Инженерия, 2018. – 384 с. – Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента». – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902309.html>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. – Москва: Гор. Линия– Телеком, 2013. – 606 с. – URL: <https://new.znaniy.com/catalog/product/443651>. – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.
3. Иванов В. Э. Разработка АСУТП в среде WinCC: учебное пособие / В. Э. Иванов, Е. У. Чье. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 232 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/124675>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка: учебное пособие. В 2 томах. Том 1 / Ю. Н. Федоров. – 2-е изд., доп. И перераб. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 488 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/108631>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка: учебное пособие. В 2 томах. Том 2 / Ю. Н. Федоров. – 2-е изд., доп. И перераб. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 484 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/108632>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Целищев Е. С. Автоматизация проектирования технического обеспечения АСУТП: учебное пособие / Е. С. Целищев, А. В. Котлова, И. С. Кудряшов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 196 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/124598>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Смирнов Ю. А. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие / Ю. А. Смирнов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 456 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/109629>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Федоров Ю. Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП / Ю. Н. Федоров. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2011. – 566 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/65089>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Терещенко, П. В. Интерфейсы информационных систем: учебное пособие / П. В. Терещенко, В. А. Астапчук. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 67 с. – Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента». – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778220362.html>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Мякишев Д. В. Разработка программного обеспечения АСУ ТП на основе объектно-ориентированного подхода: учебно-методическое пособие / Д. В. Мякишев. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 128 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/124676>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. СТО 56947007-25.040.80.266-2019 «Типовые технические требования к ССПИ ПС с функцией удаленного управления ПС из ЦУС» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-25.040.80.266-2019.pdf. Режим доступа: свободный.
7. СТО 56947007-29.130.01.092-2011 «Выбор видов и объемов телеинформации при проектировании систем сбора и передачи информации подстанций ЕНЭС для целей диспетчерского и технологического управления» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.130.01.092-2011.pdf>. Режим доступа: свободный.
8. СТО 56947007-29.240.10.167-2014 «Информационно-технологическая инфраструктура подстанций. Типовые технические решения» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO-56947007-29.240.10.167-2014.pdf>. Режим доступа: свободный.
9. СТО 34.01-21-005-2019 «Цифровая электрическая сеть. Требования к проектированию цифровых распределительных электрических сетей 0,4-220 кВ» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/СТО_34.01-21-005-2019.pdf. Режим доступа: свободный.
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» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/СТО_34.01-21-004-2019.pdf. - Режим доступа: свободный.
11. СТО 56947007-25.040.40.236-2016 «Правила технической эксплуатации АСУ ТП ПС ЕНЭС. Общие технические требования» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_25.040.40.236-2016.pdf. Режим доступа: свободный.
12. СТО 56947007-25.040.40.227-2016 «Типовые технические требования к функциональной структуре автоматизированных систем управления технологическими процессами подстанций Единой национальной электрической сети (АСУ ТП ПС ЕНЭС)» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-25.040.40.227-2016_FSK.pdf. Режим доступа: свободный.
13. СТО 56947007-25.040.40.226-2016 «Общие технические требования к АСУТП ПС ЕНЭС. Основные требования к программно-техническим средствам и комплексам» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-25.040.40.226-2016_last.pdf. Режим доступа: свободный.
14. СТО 56947007-29.240.036-2009 «Руководящие указания по выбору объемов неоперативной технологической информации, передаваемой с подстанций ЕНЭС в центры управления электрическими сетями, а также между центрами управления» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.036-2009.pdf>. Режим доступа: свободный.
15. СТО 34.01-6.1-001-2016 «Программно-технические комплексы подстанций 6-10 (20) кв. Общие технические требования» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/34.01-6.1-001-2016.pdf. Режим доступа: свободный.
16. СТО 56947007- 29.240.10.256-2018 «Технические требования к аппаратно-программным средствам и электротехническому оборудованию ЦПС» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/СТО%2056947007-29.240.10.256-2018.pdf>. Режим доступа: свободный.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по

ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Office 2013 Standard Russian Academic
2. Adobe Acrobat Reader DC
3. PTC Mathcad 15 Academic Floating
4. Google Chrome
5. Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 250	Комплекс контролеров автоматической частотной разгрузки энергосистемы - 2 шт.; Счетчик электрической энергии Квант - 2 шт.; Лабораторный комплекс «Модель цифровой подстанции -2» - 1 шт. Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол лабораторный - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 810 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
2	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 325	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 28 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

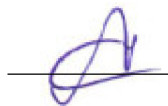
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / «Цифровая энергетика» «Оперативно-диспетчерское управление в энергосистемах» (прием 2020 г., очная форма)

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ		Кулешова Е.О.

Программа одобрена на заседании выпускающего отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от «25» 06 2020 г. № 6)

И.о. заведующего кафедрой - руководителя
отделения на правах кафедры ОЭЭ
к.т.н, доцент

 /А.С. Ивашутенко/