

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Цифровая энергетика»

УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
\_\_\_\_\_ /Т.Р. Змызгова/  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 г.

## Рабочая программа учебной дисциплины

**Цифровые подстанции**  
(наименование дисциплины)

образовательной программы высшего образования –  
программы магистратуры  
**13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Цифровые технологии в электроэнергетике**

Формы обучения: заочная

Курган 2025

Рабочая программа дисциплины «Цифровые подстанции» составлена в соответствии с учебными планами по программе магистратуры Электроэнергетика и электротехника (Цифровые технологии в электроэнергетике), утвержденными:  
- для заочной формы обучения «27» июня 2025 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Цифровая энергетика» «01» июля 2025 года, протокол № 18.

Рабочую программу составил  
ст. преподаватель

Д.Н. Шестаков

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Цифровая энергетика»

Ж.В. Нечеухина

Руководитель программы магистратуры

В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

Начальник управления образовательной  
деятельности

И.В. Григоренко

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единицы (144 академических часа)

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Лекции	6	6
Практические занятия	4	4
<b>Самостоятельная работа, всего часов в том числе:</b>	<b>134</b>	<b>134</b>
Подготовка к экзамену	27	27
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	107	107
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Цифровые подстанции» относится к части формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.

Освоение обучающимися дисциплины «Цифровые подстанции» опирается на знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин:

- Современные технологии в области электроэнергетики и электротехники.
- Моделирование в электроэнергетике.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для выполнения разделов выпускной квалификационной работы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Цифровые подстанции» является получение необходимых знаний в области эффективного преобразования и передачи электроэнергии.

Дисциплина предусматривает изучение и практическое освоение элементов и технологий применения устройств и автоматизированных систем на цифровых подстанциях. Рассматриваются основы и практические приёмы программирования цифровых устройств для современных цифровых подстанций с использованием прикладных инструментальных систем.

Задачами освоения дисциплины «Цифровые подстанции» являются:

- изучение элементов и технологий применения устройств и автоматизированных систем на цифровых подстанциях.;
- освоение основных методов проектирования цифровых подстанциях применением цифровых устройств и автоматизированных систем;
- изучение методов приёмов программирования цифровых устройств для современных цифровых подстанций.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способен выполнять расчеты параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем (ПК-4).

Индикаторы и дескрипторы части соответствующей компетенции, формируемой в процессе изучения дисциплины «Цифровые подстанции», оцениваются при помощи оценочных средств.

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Цифровые подстанции», индикаторы достижения компетенции ПК-4, перечень оценочных средств

№ п/п	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Код планируемого результата обучения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочных средств
1.	ИД-1 <sub>ПК-4</sub>	Знать: способы выполнения расчетов параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем	З (ИД-1 <sub>ПК-4</sub> )	Знает: способы выполнения расчетов параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем	Вопросы теста
2.	ИД-2 <sub>ПК-4</sub>	Уметь: выполнять расчеты параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем	У (ИД-2 <sub>ПК-4</sub> )	Умеет: выполнять расчеты параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем	Темы дискуссии
3.	ИД-3 <sub>ПК-4</sub>	Владеть: методами расчетов параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем	В (ИД-3 <sub>ПК-4</sub> )	Владеет: методами расчетов параметров устройств защиты и автоматики электроэнергетических систем	Вопросы для сдачи экзамена

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Учебно-тематический план

Шифр раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Количество часов по видам учебных занятий	
		Заочная форма	
		Лекции	Практ. занятия
T1	Понятие и основные положения концепции Smart Grid (умных сетей).	1	–
T2	Базовые принципы организации цифровых систем.	1	1

T3	Специализированные протоколы обмена данными	2	1
T4	Высоковольтное оборудование на цифровых подстанциях	2	1
T5	Вопросы создания и внедрения цифровых подстанций.	–	1
<b>Итого:</b>		<b>6</b>	<b>4</b>

## 4.2. Содержание лекционных занятий

**Тема 1. Понятие и основные положения концепции Smart Grid (умных сетей).** Основные предпосылки становления новой (инновационной) концепции развития электроэнергетики Smart Grid за рубежом. Ключевые ценности новой электроэнергетики. Функциональные свойства энергосистемы на базе концепции Smart Grid. Экономическая оценка основных эффектов от реализации концепции Smart Grid.

### Тема 2. Базовые принципы организации цифровых систем.

Принципы построения системы сбора и обмена цифровой информацией в рамках подстанции. Требования к цифровым системам противоаварийного управления. Иерархическая структура протоколов передачи данных. Протоколы Ethernet и TCP/IP.

### Тема 3. Специализированные протоколы обмена данными

Организация информации в рамках протокола МЭК 61850. Основные типы сигналов: Sampled Value, GOOSE, MMS. Назначение различных типов сигналов, отличительные черты. Особенности применения протокола Ethernet для обмена информацией.

### Тема 4. Высоковольтное оборудование на цифровых подстанциях

Особенности силового оборудования, используемого на цифровых подстанциях. Оптические системы измерения тока и напряжения. Датчики состояния оборудования. Принцип построения автоматической системы управления на базе интеллектуальных электронных устройств (ИЭС, IED).

### Тема 5. Вопросы создания и внедрения цифровых подстанций.

Примеры реализации цифровых подстанций. Особенности настройки систем автоматического управления. Программные комплексы для обслуживания и проектирования цифровой модели цифровой подстанции в рамках протокола МЭК 61850.

## 4.3. Содержание практических занятий

Шифр раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование и содержание практического занятия	Трудоемкость, часы
			Заочная форма
T2	Базовые принципы организации цифровых систем.	Выбор и обоснования принципов цифровых систем подстанции	1

T3	Специализированные протоколы обмена данными	Организация информации в рамках протокола МЭК 61850	1
T4	Высоковольтное оборудование на цифровых подстанциях	Выбор и обоснования высоковольтное оборудование на цифровых подстанциях	1
T5	Вопросы создания и внедрения цифровых подстанций	Изучение компьютерной модели цифровой подстанций.	1
		<b>Итого:</b>	<b>4</b>

#### 4.4 Наименование лабораторных работ.

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

#### 4.6 Контрольная работа (для заочной формы обучения).

Контрольная работа учебным планом не предусмотрена.

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей практической работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Практические занятия по дисциплине посвящены решению задач.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям, подготовку к экзамену.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

#### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Шифр	Виды самостоятельной работы обучающихся	Наименование и содержание	Трудоемкость, часы
			Заочная форма
С1	Углубленное изучение разделов, тем дисциплины лекционного курса	С1.1. Оценка экологических эффектов от реализации концепции Smart Grid.	50
		С1.2. Требования к оборудованию для реализации протоколов Ethernet и TCP/IP.	

		С1.3. Цифровые протоколы систем управления цифровых подстанций.	
		С1.4. Основные требования к сигналам следующих типов: Sampled Value, GOOSE, MMS.	
		С1.5. Требования стандартов для оптических систем измерения тока и напряжения.	
С2	Изучение разделов, тем дисциплины не вошедших в лекционный курс	С2.1. Технологии низкоуровневого программирования цифровых систем на базе универсального микропроцессора	53
		С2.2. Зоны сигнала, схемотехнические решения, достоинства и недостатки элементов биполярных логик. Уровни сигналов, схемотехнические решения, достоинства и недостатки элементов полевых логик.	
		С2.3. Технологии программирования цифровых систем на базе RISC – микроконтроллеров	
		С2.4. Синтез и особенности работы комбинационных схем и цифровых автоматов. Использование аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей.	
С3	Подготовка к аудиторным занятиям (практические и лабораторные занятия, текущий и рубежный контроль)	С3.1. Подготовка к практическим занятиям по конспектам (с помощью лекционного материала), учебной литературе и с помощью электронных ресурсов (контролируются конспекты, черновики, таблицы для занесения экспериментальных данных и др.) (по 2 ч. на каждое занятие).	4
С4	Выполнение курсовых, домашних, расчетных, расчетно-графических работ, курсовых работ, проектов и т.д.	<i>Не предусмотрено</i>	–
С5	Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)	С5.1. Подготовка к экзамену.	27
С6	Прочие виды самостоятельной работы	<i>Не предусмотрено</i>	–
<b>Итого:</b>			<b>134</b>

## **6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **6.1. Перечень оценочных средств**

1. Банк задач для практических занятий.
2. Перечень вопросов к экзамену.

### **6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины**

Экзамен проводится по билетам. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, на которые обучающийся дает развернутый ответ. Время, отводимое обучающемуся на экзаменационный билет, составляет 0,5 астрономического часа.

Результаты экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку обучающегося.

### **6.3. Примеры оценочных средств для экзамена**

#### **Примерный список вопросов для экзамена**

1. Цифровые системы управления объектами электроэнергетики.
2. Информация в процессах управления.
3. Понятие информации.
4. Сигнал, формы сигналов.
5. Разрешенные уровни и зоны цифрового сигнала.
6. Представление информации.
7. Основы биполярной логики.
8. Биполярный насыщенный ключ.
9. Схемы замещения.
10. Характеристики схем замещения.
11. Основные параметры логических элементов.
12. Модифицированный элемент ДТЛ.
13. Разновидности и назначение логических схем.
14. Синтез комбинационных схем.
15. Цифровые автоматы
16. Назначение, устройств внутренней памяти микропроцессорных систем.
17. Типы и основные параметры внутренней памяти микропроцессорных систем.
18. Запоминающие устройства с одномерной
19. Схемная реализация режима записи данных.
20. Запоминающие элементы EPROM и EEPROM - устройств памяти.
21. Особенности FLASH– устройств памяти.
22. Технология Strata Flash.
23. Запоминающие устройства с селектором данных.
24. Назначение цифроаналогового преобразователя.
25. Параметры, основные типы цифроаналогового преобразователя.

26. Упрощенные схемы цифроаналогового преобразователя.
27. Схема преобразователя на основе матрицы "R-2R".
28. Принцип функционирования преобразователя на основе матрицы "R-2R".
29. Аналого-цифровые преобразователи и их назначение.
30. Параметры, основные типы аналого-цифровых преобразователей.

#### **6.4. Фонд оценочных средств**

Полный объем заданий для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### **7 ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **7.1 Основная литература**

1. Смирнов, Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 496 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168550>.

2. Русанов, В.В. Микропроцессорные устройства и системы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Русанов, М.Ю. Шевелев. – Электрон. дан. – Москва : ТУСУР, 2012. – 184 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10931>.

3. Шагурин, И.И. Микроконтроллеры и их применение в электронной аппаратуре: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.И. Шагурин, М.О. Мокрецов. – Электрон. дан. – М. : НИЯУ МИФИ, 2013. – 160 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75815>.

4. Инновационное развитие электроэнергетики на основе технологий Smart Grid : учебное пособие / составитель Н. В. Савина. - Благовещенск : АмГУ, 2014. – 136 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156465>.

#### **7.2 Дополнительная литература**

1. Предко, М. PIC-микроконтроллеры: архитектура и программирование / М. Предко. - Москва: ДМК Пресс, 2009. - 512 с. - ISBN 978-5-94074-534-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=47455>

2. Савин, А.А. Цифровые устройства и микропроцессоры. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. - М.: ТУСУР, 2012. - 12 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/10912>.

### **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Релейная защита трансформаторов с использованием микропроцессорного устройства РС83-ДТ2. Методические указания для дипломного проектирования защит трансформатора раздела «Релейная защита» для студентов направления «Электроснабжение». – Составили Шестаков Д.Н., Помялов С.Ю., Курган.: Кафедра «Энергетика и технология металлов», 2010г.– 44с.: ил. – Доступ из ЭБС КГУ.

2. Релейная защита трансформаторов с использованием микропроцессорного устройства «Сириус-Т». Методические указания для дипломного проектирования защит трансформатора раздела «Релейная защита» для студентов направления «Электроснабжение». – Составили Шестаков Д.Н., Помялов С.Ю., Курган.: Кафедра «Энергетика и технология металлов», 2011г.– 56с.: ил. – Доступ из ЭБС КГУ.

### 9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	<a href="http://dspace.kgsu.ru/xmlui/">http://dspace.kgsu.ru/xmlui/</a>	Электронная библиотека КГУ
2	<a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>	Электронно-библиотечная система Znanium.com
3	<a href="http://www.studentlibrary.ru/pages/technical.html">http://www.studentlibrary.ru/pages/technical.html</a>	Студенческая электронная библиотека «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»
4	<a href="http://electrolibrary.info/">http://electrolibrary.info/</a>	Электронная электротехническая библиотека
5	<a href="http://www.mtrele.ru/">http://www.mtrele.ru/</a>	Сайт ООО «НТЦ «Механотроника» микропроцессорные устройства релейной защиты.
6	<a href="http://www.rele.ru/">http://www.rele.ru/</a>	Сайт ООО «Реле и Автоматика» – разработчика и производителя промышленных реле, устройств автоматики и низковольтного оборудования.
7	<a href="http://rzasystems.ru/">http://rzasystems.ru/</a>	Сайт ООО «РЗА СИСТЕМЗ» – разработчика и производителя современных устройств релейной защиты и автоматики.
8	<a href="http://www.tavrida.ru/">http://www.tavrida.ru/</a>	Сайт научно-производственной компании «Таврида Электрик»
9	<a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a>	Федеральный портал «Российское образование»

### 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Консультант студента»
3. ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.com>
4. «Гарант» - справочно-правовая система
5. Система дистанционного обучения «Moodle».
6. Платформа для собраний, чатов, звонков и совместной работы Microsoft Teams.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение по реализации дисциплины осуществляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данной образовательной программе.

## **12. ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Цифровые подстанции»**

образовательной программы высшего образования –  
программы магистратуры  
**13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Цифровые технологии в электроэнергетике**

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часа)

Семестр: 3 (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Содержание дисциплины

Дисциплина предусматривает изучение и практическое освоение элементов и технологий применения устройств и автоматизированных систем на цифровых подстанциях. Рассматриваются основы и практические приёмы программирования цифровых устройств для современных цифровых подстанций с использованием прикладных инструментальных систем.

**ЛИСТ**  
**регистрации изменений (дополнений) в рабочую программу**  
**учебной дисциплины**  
**«Цифровые подстанции»**

**Изменения / дополнения в рабочую программу**  
**на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год:**

---

---

---

---

---

---

Ответственный преподаватель \_\_\_\_\_ / Ф.И.О. \_\_\_\_\_ /

Изменения утверждены на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
Протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Изменения / дополнения в рабочую программу**  
**на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год:**

---

---

---

---

---

---

Ответственный преподаватель \_\_\_\_\_ / Ф.И.О. \_\_\_\_\_ /

Изменения утверждены на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
Протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.