Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.2.2 Цифровые системы управления электроприводом»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Электромеханические комплексы и их исследование
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.Э.2.2 Цифровые системы управления электроприводом*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
наименование кафедры

протокол № 5 от "23" января 2026 г.

Заведующий кафедрой
автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
наименование кафедры *подпись* А.С. Безгин *расшифровка подписи*

Исполнители:

доцент *подпись* Э.Л. Греков
должность *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника *личная подпись* Э.Л. Греков
код наименование *расшифровка подписи*

Научный руководитель магистерской программы *личная подпись* Э.Л. Греков
расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

личная подпись С.А. Бикшимирова
расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству института

личная подпись С.А. Сильвашко
расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Греков Э.Л., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины - изучение принципов и алгоритмов построения цифровых систем управления электроприводов постоянного и переменного тока (ЦСУЭП).

Задачи:

- научить обосновывать и принимать конкретные технические решения при конструировании ЦСУЭП;
- изучить приемы и алгоритмы программирования микроконтроллеров на языке С++;
- изучение и практическое применение программных сред разработки;
- изучить принципы построения программного обеспечения и основных подпрограмм систем управления приводами постоянного и переменного тока.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.8 Специальные главы математики*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-3 Способен применять соответствующий математический аппарат при решении профессиональных задач	ПК*-3-В-3 Применяет современные методы и средства для оптимизации проектных решений	**Знать:** - физические процессы передачи и преобразования аналоговых и дискретных сигналов. **Уметь:** - изображать блок-схемы конкретных алгоритмов **Владеть:** - опытом создания специализированного программного обеспечения для микроконтроллеров
ПК*-4 Способен применять современное программное обеспечение для проектирования и моделирования объектов профессиональной деятельности	ПК*-4-В-2 Использует современное программное обеспечение для создания управляющих программ микроконтроллерных систем управления	**Знать:** - возможности современного ПО для программирования микроконтроллерных систем управления **Уметь:** - использовать современное программное обеспечение для программирования и исследования работы ЦСУЭП - анализировать внутренние и выходные сигналы ЦСУЭП с помощью осциллографа и специализированного программного обеспечения; - диагностировать ошибки в работе программного обеспечения. **Владеть:**

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		- навыками применения отладочных программных и аппаратных средств для микроконтроллерных устройств
ПК*-5 Способен проектировать микроконтроллерные системы управления электромеханическими и электротехническими комплексами	ПК*-5-В-1 Демонстрирует знание структур специализированных микроконтроллеров, сопоставляет технические характеристики микроконтроллеров с конкретными целями и задачами ПК*-5-В-2 Использует программные и аппаратные отладочные средства для разработки микроконтроллерных систем управления ПК*-5-В-3 Применяет типовые схемотехнические решения входных и выходных аналоговых и дискретных интерфейсов для разработки микроконтроллерных систем управления	**Знать:** - основные понятия и структуры специализированных микроконтроллеров для построения электроприводов (ЭП) - современное состояние микроконтроллерной техники для управления электроприводами и электрооборудованием - схемотехнику входных и выходных аналоговых и дискретных интерфейсов **Уметь:** - пользоваться документацией на микроконтроллеры - осуществлять поиск технической документации, известных аппаратных и программных решений по цифровым системам управления электроприводов (ЦСУЭП) **Владеть:** - способностью сопоставлять технические характеристики микроконтроллеров с конкретными целями и задачами по управлению ЭП постоянного и переменного тока.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	2 семестр	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**108**	**252**
Контактная работа:	**32,25**	**22,25**	**54,5**
Лекции (Л)	12	10	22
Практические занятия (ПЗ)	12	8	20
Лабораторные работы (ЛР)	8	4	12
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного*	**111,75**	**85,75**	**197,5**

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	2 семестр	3 семестр	всего
материала и материала учебников и учебных пособий; *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю.*			
Вид итогового контроля	**диф. зач.**	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Специализированные микроконтроллеры для управления ЭП	54	4	6	2	42
2	Специализированное программное обеспечение для разработки управляющих программ	90	8	6	6	70
	Итого:	144	12	12	8	112

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Алгоритмы и структуры построения ЦСУЭП постоянного тока с тиристорным преобразователем	52	4	4	2	42
4	Алгоритмы и структуры построения ЦСУЭП переменного тока с автономным инвертором напряжения	56	6	4	2	44
	Итого:	108	10	8	4	86
	Всего:	252	22	20	12	198

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Специализированные микроконтроллеры для управления ЭП

Обзор современных микроконтроллеров для управления электроприводами. 16-ти битные фирм Microchip, и 32-х битные микроконтроллеры STMicroelectronics. Принцип работы прямого доступа к памяти DMA. Специализированное ядро для цифровой обработки сигналов. Структура микроконтроллеров.

2 Специализированное программное обеспечение для разработки управляющих программ

Изучение сред программирования STM32Cube, TrueStudio, CooCox, создание проектов программного обеспечения, инициализация периферийных устройств. Изучение принципов функционирования операционной системы FreeRTOS. Отладочные программные и аппаратные средства.

3 Алгоритмы и структуры построения ЦСУЭП постоянного тока с тиристорным преобразователем

Структура платы управления. Основные сигналы, уровень, формат и назначение. Схемотехника аналоговых и дискретных интерфейсов. Алгоритм работы блоков СИФУ, логики, регуляторов. Принципы построения СИФУ и примеры реализации в машинном коде. Принцип построения модуля логического переключающего устройства и примеры реализации в машинном

коде. Работа АЦП. Программы регуляторов различного типа. Требования к техническим характеристикам микроконтроллеров для ЦСУЭП постоянного тока.

4 Алгоритмы и структуры построения ЦСУЭП постоянного тока с автономным инвертором напряжения

Структура платы управления. Основные сигналы, уровень, формат и назначение. Алгоритм работы блоков преобразователей координат, модели асинхронного двигателя, ШИМ. Принципы построения формирователя опорных сигналов, преобразователей координат и регуляторов и примеры реализации в машинном коде. Работа АЦП. Работа системы прерываний. Требования к техническим характеристикам микроконтроллеров для ЦСУЭП переменного тока.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1, 2	Создание проектов в STM32Cube, CooCox, TrueStudio	2
2	1, 2	Подключение дискретных входных и выходных сигналов	2
3,4	1, 2	Структура операционной системы FreeRTOS. Использование потоков и семафоров	2
5	2, 3	Работа с модулем АЦП	2
6, 7	2, 3	Разработка и отладка специализированных функций для управления электроприводами постоянного тока	2
8, 9	2, 4	Разработка и отладка специализированных функций для управления электроприводами переменного тока	2
		Итого:	12

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1, 2	3	Принципы построения и алгоритмы функционирования СИФУ и логического переключающего устройства для тиристорных преобразователей.	10
3, 4	4	Математическое обеспечение формирователя опорных сигналов, модулей преобразования координат, модели асинхронного двигателя.	10
		Итого:	20

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Шелихов, Е. С. Применение программно-аппаратных средств Arduino при разработке автоматизированных систем световой индикации и вывода информации [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 13.03.02 и 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Е. С. Шелихов, Э. Л. Греков, А. С. Безгин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Ч. 1. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 5.72 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2019. - 127 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-2288-7. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/92815_20190327.pdf Электронный источник

2. Безгин А.С. Технология проектирования печатных плат в САПР P-CAD [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / [А. С. Безгин и др.]; М-во

образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1файл: 14.01 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2018. - 152 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-7410-2170-5. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/63267_20180227.pdf

3. Зубкова Т. М. Человеко-машинное взаимодействие: учеб. пособие для вузов / Т. М. Зубкова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2011. - 231 с. : ил. - Библиогр.: с. 228- 230.

5.2 Дополнительная литература

1. Попков, О. З. Основы преобразовательной техники [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Электротехника, электромеханика и электротех-нологии" / О. З. Попков.- 3-е изд., стер. - М.: МЭИ, 2010. - 200 с. : ил. - Библиогр.: с. 196-197. - ISBN 978-5-383-00402-9.

2. Греков, Э. Л. Нелинейные и импульсные системы автоматического управления [Электронный ресурс] : метод. указания к расчет.-граф. работам / Э. Л. Греков, В. А. Сорокин. - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. Режим доступа http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2078_20110830.pdf

4. Логунова О. С. Человеко-машинное взаимодействие. Теория и практика : учеб. пособие для студентов вузов / О. С. Логунова, И. М. Яшков, Е. А. Ильина . - Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. - 285 с. : ил.. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 279-282.

8. Гультяев А. К. Проектирование и дизайн пользовательского интерфейса / А. К. Гультяев, В. А. Машин .- 2-е изд. - Санкт Петербург : Корона Принт, 2007. - 352 с. : ил.. - Библиогр.: с. 346.

5.3 Периодические издания

1 Информационно-измерительные и управляющие системы : журнал. - М. : Агентство "Роспечать".

2 Радиотехника и электроника : журнал. - М. : Академиздатцентр " Наука" РАН.

3 Электроника: наука, технология, бизнес : журнал. - М. : Агентство "Роспечать".

4 Электротехника : журнал. - М. : Агентство "Роспечать".

5.4 Интернет-ресурсы

https://openedu.ru/course/spbstu/CUMICR/ - Курс «Цифровые устройства и микропроцессоры». ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

https://www.st.com/ - технические данные по микроконтроллерам фирмы STMicroelectronics.

http://arduino.ru/ - сайт, посвященный микроконтроллерному комплекту Arduino.

http://www.microchip.com – оф. сайт фирмы производителя Microchip

http://radio-stv.ru – подборка радиолюбительских статей, схем и программ.

http://www.power-e.ru/ - сайт журнала «Силовая электроника». Статьи по проблемам проектирования и применения современной преобразовательной техники в различных отраслях промышленности.

http://www.mitsubishielectric.com - технические данные по силовым транзисторам, тиристорам и диодам. Примеры построения силовых частей преобразователей.

http://www.avagotech.com – технические данные по оптоэлектронным приборам, оптопарам и драйверам.

http://www.atmel.com/ru/ru/ - технические данные по микроконтроллерам фирмы Atmel.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС[1]

[1] Для Рабочих станций в редакции «Стандартная» или ОС Astra Linux (для кафедры КБиМОИС)

2. Пакет офисных приложений LibreOffice[2]

3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru

4. Adobe Reader - Бесплатное средство просмотра файлов PDF. Бесплатно после принятия лицензионного соглашения на ПО Adobe

5. MathCad 14 - Интегрированная система решения математических, инженерно- технических и научных задач

6. Arduino IDE – открытая среда разработки ПО под микроконтроллерный комплекст Arduino/ Режим доступа https://www.arduino.cc/en/Main/Software.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практического типа, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория «Автоматизированные системы управления», оснащенная лабораторными микропроцессорными комплектами на микроконтроллерах Atmel (Arduino), и компьютерный класс.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

2 Включает в себя текстовый процессор для всех видов документов Writer, табличный процессор Calc, программу для создания презентаций Impress, векторный графический редактор для создания блок-схем и диаграмм Draw, редактор формул Math, компонент, предназначенный для создания баз данных Base.