Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н. Вильбергер М. Е.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Вильбергер М. Е.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Системы управления тяговыми приводами

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская программа: Повышение энергоэффективности систем электрического транспорта

Курс: 1, семестр : 2

Факультет мехатроники и автоматизации,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**2**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	41
4	Лекции, час.	0
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	32
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	20
8	из них практической подготовки, час.	20
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	7
11	Самостоятельная работа, час.	67
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №147 от 28.02.2018 г. , дата утверждения: 22.03.2018 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭТК, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 7 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Щуров Н. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Щуров Н. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1.В/ПР Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности
	ПК-1.В/ПР. 1 Умеет находить компромиссные решения
Профессиональные компетенции	ПК-2.В/ПР Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований
	ПК-2.В/ПР. 1 Умеет создавать математические модели объектов профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	ПК-3.В/ТЕ Способен разрабатывать мероприятия по эффективному использованию энергии и сырья в области электротранспортных комплексов
	ПК-3.В/ТЕ. 3 Способен определять показатели функционирования технологического оборудования и систем технологического оборудования объектов профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	ПК-4.В/ТЕ Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей.
	ПК-4.В/ТЕ. 2 Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-1.В/ПР. 1 Умеет находить компромиссные решения	
Умеет анализировать и выбирать подходящее решение задачи	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-2.В/ПР. 1 Умеет создавать математические модели объектов профессиональной деятельности	
Умеет разрабатывать и исследовать математические модели объектов профессиональной деятельности	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-3.В/ТЕ. 3 Способен определять показатели функционирования технологического оборудования и систем технологического оборудования объектов профессиональной деятельности	
Способен определять паказатели качества функционирования объектов профессиональной деятельности	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-4.В/ТЕ. 2 Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.	
Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях с учетом региональных особенностей	Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Требования к системам управления					

1. Технические требования к системам управления тяговым электроприводом.	2	0	0	ПК-1.В/ПР.1 ,ПК-4.В/ТЕ. 2	Основные функции системы управления электротранспортными средствами. Особенности условий работы систем управления на подвижном составе.
2. Структурные схемы систем управления тяговым электроприводом. Элементная база систем управления тяговыми электроприводами.	2	0	2	ПК-1.В/ПР.1 ,ПК-4.В/ТЕ. 2	Структурные схемы систем управления тяговым электроприводом. Основные элементы. Элементная база систем управления тяговыми электроприводами: микроконтроллеры, датчики, исполнительные устройства, средства связи, элементы человеко-машинного интерфейса. Структура системы управления силовыми ключами. Назначение драйверов СПП, снабберных цепей, сигналов защиты и обратной связи.
Дидактическая единица: Микроконтроллеры в системах управления					
3. Основные технические характеристики микроконтроллеров, применяемых в системах управления электрическим транспортом. Различия микроконтроллеров разных производителей.	2	0	0	ПК-3.В/ТЕ.3 ,ПК-4.В/ТЕ. 2	Общая характеристика современных микроконтроллеров. Быстродействие микроконтроллеров. Системы команд процессора в архитектурах RISC и CISC применительно к микроконтроллерам. Объем памяти. Типы входов и выходов, АЦП, ЦАП. Интерфейсы связи. Таймеры. Микроконтроллеры AVR (Atmel), PIC (microchip), STM32 (ARM), ESP8266 и другие.

4. Основы языка программирования контроллеров. Методы загрузки программ в микроконтроллер. Способы задания рабочей частоты микрокнтроллеров.	2	2	2	ПК-3.В/ТЕ.3 ,ПК-4.В/ТЕ. 2	Основы языка программирования контроллеров высокого уровня на примере контроллеров выбранного производителя. Методы загрузки программ в микроконтроллер. Программаторы, отладочные платы. Способы тактирования микроконтроллеров. Способы задания рабочей частоты микроконтроллеров. Фьюзы и регистры настроек.
Дидактическая единица: Режимы работы тягового электродвигателя					
5. Основные режимы движения транспортного средства. Определение требований к тяговому электроприводу методами тяговых расчетов.	4	0	0	ПК-2.В/ПР.1 ,ПК-3.В/ТЕ. 3	Расчет скорости и ускорения, сил тяги и торможения, момента, мощности тягового электродвигателя. Определение напряжения и тока обмоток тягового электродвигателя, его магнитного потока возбуждения. Особенности управления скоростью тяговых электродвигателей независимого возбуждения в современных импульсных системах управления.
Дидактическая единица: Усиление выходных сигналов контроллера. Полупроводниковые приборы.					
6. Дискретные выходные сигналы. Управление силовой нагрузкой с помощью биполярных транзисторов, работающих в ключевом режиме.	4	2	2	ПК-1.В/ПР.1 ,ПК-3.В/ТЕ. 3	Характерные напряжения и токи сигналов электротягового оборудования. Способы усиления управляющих сигналов. Расчет биполярного транзистора в ключевом режиме. Методика выбора биполярных транзисторов.

7. Разомкнутые системы управления скоростью тягового электродвигателя	4	2	2	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	Принцип действия импульсного понижающего преобразователя напряжения. Определение основных параметров элементов схемы понижающего преобразователя напряжения. Сравнение типов силовых ключей, области применения, методика выбора. Особенности областей применения силовых полупроводниковых ключей в различных видах тягового электрооборудования. Причины преимущественного использования транзисторов с управлением по напряжению. Проверка полупроводниковых приборов по перегреву при заданной рабочей частоте.
9. Управление силовыми полупроводниковыми ключами при помощи микроконтроллера	2	2	2	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	Устройство и принцип действия таймеров микроконтроллера. Основы программирования таймеров. Реализация широтно-импульсной модуляции с переменным коэффициентом заполнения. Разомкнутая система управления скоростью тягового электродвигателя.
Дидактическая единица: Обратная связь в системах управления					
10. Реализация систем с обратной связью на микроконтроллерах	2	2	2	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-4.В/ТЕ.2	Виды входных сигналов. Аналого-цифровые преобразователи микроконтроллеров: устройство, принцип действия, основные характеристики. Программирование АЦП микроконтроллеров.

11. Замкнутые системы управления скоростью тягового электродвигателя	2	2	2	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	Функциональные схемы систем регулирования скорости тягового электродвигателя с обратной связью по току и по скорости движения. Особенности реализации системы управления при возрастании скорости и ЭДС двигателя. Расчет коэффициентов ПИД-регулятора скорости. Программные реализации системы управления скоростью электродвигателя с обратной связью по току и по скорости движения.
Дидактическая единица: Использование комуникационных возможностей микроконтроллеров в системах управления					
12. Интерфейсы и протоколы связи в системах управления электрического транспорта	2	2	2	ПК-1.В/ПР.1,ПК-4.В/ТЕ.2	Основные интерфейсы и протоколы связи. Примеры реализации интерфейсов SPI и UART. Способы кодирования информации, построение осциллограмм сигналов в заданных интерфейсах. Обзор типовых протоколов I2C, CAN, Modbus и других.
13. Человеко-машинный интерфейс в системах управления тяговым электроприводом	2	2	2	ПК-1.В/ПР.1,ПК-4.В/ТЕ.2	Оборудование для реализации человеко-машинного интерфейса, применяемое в современной электронике и на электрическом транспорте. Типы индикаторных экранов, принцип действия, способы связи с микроконтроллером. Программная реализация вывода данных на экран. Подключение клавиатуры к микроконтроллеру.

14. Распределенные системы управления тяговым электроприводом	2	2	2	ПК-1.В/ПР.1 ,ПК-3.В/ТЕ. 3,ПК-4.В/ТЕ .2	Архитектура распределенных систем управления электротранспортными средствами. Принципы распределения задач между элементами системы. Программная реализация обмена данными между микроконтроллерами. Реализация примера распределенной системы управления.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Усиление выходных сигналов контроллера. Полупроводниковые приборы.					
8. Драйверы силовых полупроводниковых ключей	4	2	0	ПК-1.В/ПР.1 ,ПК-2.В/ПР. 1,ПК-3.В/ТЕ .3,ПК-4.В/Т Е.2	Назначение драйверов полупроводниковых ключей. Основные схемотехнические решения, применяемые в драйверах для транзисторов IGBT и MOSFET. Примеры простейших драйверов для низкочастотных ключей. Методика выбора серийных драйверов для силовых полупроводниковых приборов.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Основы языка программирования контроллеров. Методы загрузки программ в микроконтроллер. Способы задания рабочей частоты микрокнтроллеров.	Лб	Выполняет следующие виды работ: знакомство со средой разработки (IDE) микроконтроллеров выбранного производителя. Настройка тактовой часты микроконтроллера. Загрузка программ в микроконтроллер.
2	Дискретные выходные сигналы. Управление силовой нагрузкой с помощью биполярных транзисторов, работающих в ключевом режиме.	Лб	Выполняет следующие виды работ: сборка схемы управления нагрузкой с потребляемым током порядка 100-1000 мА на макетной плате с использованием биполярных транзисторов, управляемых микроконтроллером.

3	Разомкнутые системы управления скоростью тягового электродвигателя	Лб	Выполняет следующие виды работ: расчет основных характеристик понижающего импульсного транзисторного преобразователя напряжения для регулирования скорости вращения тягового электродвигателя
4	Управление силовыми полупроводниковыми ключами при помощи микроконтроллера	Лб	Выполняет следующие виды работ: программирование разомкнутой системы управления скоростью коллекторного электродвигателя с переменным коэффицитом заполнения ШИМ
5	Реализация систем с обратной связью на микроконтроллерах	Лб	Выполняет следующие виды работ: программирование АЦП микроконтроллера для измерения аналоговых сигналов
6	Замкнутые системы управления скоростью тягового электродвигателя	Лб	Выполняет следующие виды работ: программирование микроконтроллера в составе системы управления скоростью вращения коллекторного электродвигателя с коррекцией коэффициента заполнения ШИМ по измеренной скорости вращения либо измеренному току
7	Интерфейсы и протоколы связи в системах управления электрического транспорта	Лб	Выполняет следующие виды работ: программная реализация интерфейса связи. Организация передачи информации на компьютер либо другой микроконтроллер.
8	Человеко-машинный интерфейс в системах управления тяговым электроприводом	Лб	Выполняет следующие виды работ: подключение текстового экрана к микроконтроллеру. Программирование вывода информации на экран.
9	Распределенные системы управления тяговым электроприводом	Лб	Выполняет следующие виды работ: объединение ранее разработанных программ в модель единой системы управления из 3-4 микроконтроллеров, обеспечивающей получение команд от человека, вывод информации о состоянии системы, управление вспомогательным оборудованием и скоростью вращения тягового электропривода.
10	Драйверы силовых полупроводниковых ключей	Самост.	Выполняет следующие виды работ: выбор силового полупроводникового ключа, драйвера и охладителя по каталогам производителей СПП

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	РГЗ/Реферат	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	30	3

Расчет мощности и тока, потребляемых тяговым электроприводом заданного транспортного средства, в функции времени при движении в режимах тяги и торможения. Выбор силовых полупроводниковых приборов, драйверов и радиаторов для управления скоростью вращения коллекторного тягового электродвигателя. Написание управляющей программы для заданого типа микроконтроллеров.: Бирюков В. В. Тяговый электрический привод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2017].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233479.- Загл. с экрана Рег. свидетельство № 22828. Мятеж С. В. Цифровые и микропроцессорные системы управления электрическим транспортом [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / С. В. Мятеж ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233437. - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к занятиям	ПК-1.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	20	2
Самостоятельная подготовка к занятиям. Чтение докуменатции производителей оборудования (силовых полупрлводниковых приборов, драйверов, охладителей, электродвигателей, средств человеко-машинного интерфейса). Изучение datasheet (информационного листа) на заданный микроконтроллер, знакомство с системой команд микроконтроллера.: Бирюков В. В. Тяговый электрический привод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2017].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233479.- Загл. с экрана Рег. свидетельство № 22828. Мятеж С. В. Цифровые и микропроцессорные системы управления электрическим транспортом [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / С. В. Мятеж ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233437. - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к аттестации	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	13	2
Подготовка к экзамену. Повторение теоретических материалов по всем разделам курса.: Бирюков В. В. Тяговый электрический привод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2017].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233479.- Загл. с экрана Рег. свидетельство № 22828. Мятеж С. В. Цифровые и микропроцессорные системы управления электрическим транспортом [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / С. В. Мятеж ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233437. - Загл. с экрана.				
4	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-1.В/ПР.1,ПК-2.В/ПР.1,ПК-3.В/ТЕ.3,ПК-4.В/ТЕ.2	4	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ

Размещение учебных материалов	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Метод проектов
Краткое описание применения: В течение курса реализуется научно-технический проект по разработке архитектуры, программированию и сборке макета распределенной системы управления транспортным средством, состоящей из объединенных в информационную сеть нескольких микроконтроллеров, интерфейса ввода и выывода информации для взаимодейтсивя с оператором и исполнительных элементов (макетов коллекторных электроприводов, собранных на микродвигателях).	

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
Лабораторная:	20	40
РГЗ/Реферат:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Мятеж С. В. Цифровые и микропроцессорные системы управления электрическим транспортом [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / С. В. Мятеж ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233437. - Загл. с экрана."		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Бирюков В. В. Тяговый электрический привод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2017].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233479.- Загл. с экрана Рег. свидетельство № 22828."		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита РГЗ/Р	Экзамен
ПК-1.В/ПР	ПК-1.В/ПР 1. Умеет находить компромиссные решения	+	+
ПК-2.В/ПР	ПК-2.В/ПР 1. Умеет создавать математические модели объектов профессиональной деятельности	+	+
ПК-3.В/ТЕ	ПК-3.В/ТЕ 3. Способен определять показатели функционирования технологического оборудования и систем технологического оборудования объектов профессиональной деятельности	+	+
ПК-4.В/ТЕ	ПК-4.В/ТЕ 2. Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Водовозов, А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие / Водовозов А.М. - Вологда:Инфра-Инженерия, 2016. - 164 с.: ISBN 978-5-9729-0138-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/760122 (дата обращения: 27.02.2021). – Режим доступа: по подписке. - Режим доступа: https://znanium.com/catalog/product/760122 - Загл. с экрана.

2. Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод : [учебник] / В. В. Бирюков. - Новосибирск, 2019. - 321, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241608

3. Бирюков В. В. Тяговый электрический привод : учебное пособие / В. В. Бирюков, Е. Г. Порсев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 312, [1] с. : ил., табл., схемы. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000182460

4. Бирюков В. В. Тяговый электрический привод : [учебное пособие] / В. В. Бирюков, Е. Г. Порсев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2018. - 312, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000238424

5. Ярославцев М. В. Энергоэффективный тяговый привод городского безрельсового транспорта : [учебное пособие] / М. В. Ярославцев, Н. И. Щуров, В. Н. Аносов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 134, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235973

6. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров : учебное пособие / С. Н. Торгаев, М. В. Тригуб, И. С. Мусоров, Д. С. Чертихина. — Томск : Томский политехнический университет, 2015. — 111 c. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/55205.html (дата обращения: 19.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Овечкин, М. В. Электроника систем автоматического управления на основе микроконтроллеров семейства AVR : учебное пособие / М. В. Овечкин. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 113 c. — ISBN 978-5-7410-1543-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/69975.html (дата обращения: 19.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Майкл, Предко PIC-микроконтроллеры: архитектура и программирование / Предко Майкл ; перевод Ю. В. Мищенко. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 511 c. — ISBN 978-5-4488-0062-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/87983.html (дата обращения: 27.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Болдырихин, О. В. Гарвардская RISC-архитектура в микроконтроллерах AVR. Средства ввода-вывода, хранения и обработки цифровой и аналоговой информации в микроконтроллерах AVR для построения микропроцессорных систем управления : методические указания к лабораторной работе по дисциплине 'Микропроцессорные системы' / О. В. Болдырихин. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 39 c. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/22860.html (дата обращения: 19.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Интернет-ресурсы

1. Tools and Software. MPLAB X IDE. – Text : electronic // Microchip Technology Inc. : [website]. – 1998– . – URL: https://www.microchip.com/en-us/development-tools-tools-and-software/mplab-x-ide (date of the application: 01.03.2021).

2. Tools and Software. Microchip Studio for AVR and SAM Devices. – Text : electronic // Microchip Technology Inc. : [website]. – 1998– . – URL: https://www.microchip.com/en-us/development-tools-tools-and-software/microchip-studio-for-avr-and-sam-devices (date of the application: 01.03.2021).

3. PIC16F628 : [microcontroller]. – Text : electronic // Microchip Technology Inc. : website. – URL: https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F628 (date of the application: 25.02.2021).

4. ATmega328P : [microcontroller]. – Text : electronic // Microchip : website. – URL: https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328P (date of the application: 25.02.2021).

5. IGBT Modules. – Text : electronic // Infineon Technologies AG : [website]. – 1999– . – URL: https://www.infineon.com/cms/en/product/power/igbt/igbt-modules/ (date of the application: 25.02.2021).

6. IGBT Modules. – Text : electronic // SEMIKRON : [website]. – Nyurnberg. – URL: https://www.semikron.com/products/product-classes/igbt-modules.html (date of the application: 25.02.2021).

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Бирюков В. В. Тяговый электрический привод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2017].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233479.- Загл. с экрана Рег. свидетельство № 22828.

2. Мятеж С. В. Цифровые и микропроцессорные системы управления электрическим транспортом [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / С. В. Мятеж ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233437. - Загл. с экрана.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет для моделирования энергетических систем MathWorks MATLAB SimPowerSystem

2 MathCAD - это интегрированная система программирования, ориентированная на проведение математических и инженерно-технических расчетов. PTC MathCAD

3 Создание отчётов для лабораторных работ. Microsoft Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Демонстрация учебных материалов
2	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Написание программ для микроконтроллеров