

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электропривод и автоматика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 113,5 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Программирование (код)</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 2,50 часа;</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Савкин Д.И.
	Идентификатор	Rc65784c-SavkinDml-0a46003e

(подпись)

Д.И. Савкин

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Анучин А.С.
	Идентификатор	Rc858e9d6-AnuchinAS-5e15edb3

(подпись)

А.С. Анучин

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Анучин А.С.
	Идентификатор	Rc858e9d6-AnuchinAS-5e15edb3

(подпись)

А.С. Анучин

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении обучающимся общих принципов построения современных цифровых систем управления электроприводов и получении навыков по их самостоятельной разработке и программной реализации.

### Задачи дисциплины

- изучение основных принципов проектирования узлов цифровых систем управления;
- получение навыков по разработке программного обеспечения современных цифровых систем управления электроприводов с использованием цифровых сигнальных микроконтроллеров;
- Получение навыков работы со специализированными языками программирования;
- Получение навыков работы со специализированными средами разработки программного обеспечения.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен самостоятельно планировать и выполнять необходимые исследования и разработки в области профессиональной деятельности с использованием современных методов и средств экспериментальной и проектной деятельности и интерпретировать и представлять результаты выполненных исследований и разработок	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает современные средства в области электропривода и методы их разработки	знать: - Типовые узлы сопряжения микроконтроллера с силовой частью электропривода и датчиками физических величин; - Основные языки программирования верхнего уровня и специализированные среды разработки программного обеспечения, используемые в области микропроцессорной техники; - Архитектуру и состав модулей современных микроконтроллеров, используемых в системах управления электроприводов.
ПК-1 Способен самостоятельно планировать и выполнять необходимые исследования и разработки в области профессиональной деятельности с использованием современных методов и средств экспериментальной и проектной деятельности и интерпретировать и представлять результаты выполненных исследований и разработок	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет критически анализировать свойства и возможности современных средств в области электропривода и возможности методов их разработки	уметь: - Составлять алгоритмы и программное обеспечение для реализации системы управления по заданной структуре на микроконтроллере.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
исследований и разработок		

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электропривод и автоматика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплины «Теория автоматического управления», «Элементы систем автоматики» и «Регулирование координат электропривода» в объёме программы бакалавриата

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров	16	1	4	8	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], 6-18</p>	
1.1	Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров	16		4	8	-	-	-	-	-	-	4	-		
2	Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio. Возможности языка программирования Си	42		2	8	6	-	-	-	-	-	-	26		-
2.1	Среда разработки программного	14		2	-	2	-	-	-	-	-	-	10		-

	обеспечения Code Composer Studio.													Возможности языка программирования Си" материалу.
2.2	Возможности языка программирования Си.	28	-	8	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio. Возможности языка программирования Си" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 7-46 [2], 41-64, 68-116
3	Периферия цифровых сигнальных микроконтроллеров	38	4	8	6	-	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 116-143
3.1	Обзор назначения и возможностей встроенной периферии	26	2	8	4	-	-	-	-	-	-	12	-	
3.2	Интерфейсы связи	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	
4	Примеры реализации современных цифровых систем управления.	48	6	8	4	-	-	-	-	-	-	30	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 147-201
4.1	Методы эффективного управления инверторами напряжения и тока	12	2	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
4.2	Реализация типовых звеньев САУ и их применение в современных цифровых системах управления	18	2	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
4.3	Цифровые фильтры	18	2	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	

	Экзамен	36.00		-	-	-	-	-	-	-	2.50	-	33.50	
	Всего за семестр	180.00		16	32	16	-	-	-	-	2.50	80	33.50	
	Итого за семестр	180.00		16	32	16	-	-	-	2.50		113.50		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров

#### 1.1. Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров

Состав серий специализированных сигнальных микроконтроллеров для управления двигателями TMS320x28xx. Технические характеристики и области преимущественного применения. Встроенная память и периферия.. Модифицированная Гарвардская архитектура. Система шин. Конвейер команд. АЛУ, вспомогательное АЛУ.. Система команд и способы адресации (прямая страничная, стековая, косвенная, базово-индексная). Примеры решения типовых задач привода..

### 2. Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio. Возможности языка программирования Си

#### 2.1. Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio.

Структура проекта программного обеспечения.. Создание проекта.. Исполняемые и заголовочные файлы..

#### 2.2. Возможности языка программирования Си.

Форматы данных.. Распределение памяти.. Возможности языка программирования Си..

### 3. Периферия цифровых сигнальных микроконтроллеров

#### 3.1. Обзор назначения и возможностей встроенной периферии

Модуль ШИМ. Модуль прямого цифрового сопряжения с датчиками скорости и положения. Модуль АЦП.

#### 3.2. Интерфейсы связи

Универсальные синхронные и асинхронные приемо-передатчики.. Реализация типовых промышленных интерфейсов RS-232, RS-485, CAN.

### 4. Примеры реализации современных цифровых систем управления.

#### 4.1. Методы эффективного управления инверторами напряжения и тока

Фронтальная ШИМ. Центрированная ШИМ. Векторная ШИМ.

#### 4.2. Реализация типовых звеньев САУ и их применение в современных цифровых системах управления

Интегральное звено. Дифференциальное звено. Инерционное звено. ПИД-регуляторы.

#### 4.3. Цифровые фильтры

Инерционный фильтр. Фильтр скользящего среднего. Фильтр с конечной импульсной характеристикой. Фильтр с бесконечной импульсной характеристикой.

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Работа с модулем ШИМ;
2. Работа с модулем АЦП;
3. Работа с библиотекой IQMath. Эффективные способы цифровой фильтрации;
4. Работа с периферией процессора. Описание регистров в заголовочных файлах;
5. Базовые возможности языка СИ;



6. Создание и отладка простой программы в среде Code Composer Studio;
7. Устройство и функциональные возможности отладочного комплекта на базе специализированного сигнального микроконтроллера TMS320f28035. Технология конфигурирования памяти.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Устройство и функциональные возможности отладочного комплекта на базе специализированного сигнального микроконтроллера TMS320f28035. Технология конфигурирования памяти;
2. Создание и отладка простой программы в среде Code Composer Studio;
3. Базовые возможности языка СИ;
4. Базовые возможности языка СИ;
5. Работа с периферией процессора. Описание регистров в заголовочных файлах;
6. Работа с библиотекой IQMath. Эффективные способы цифровой фильтрации;
7. Работа с модулем АЦП;
8. Работа с модулем ШИМ.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
Архитектуру и состав модулей современных микроконтроллеров, используемых в системах управления электроприводов	ИД-1ПК-1	+				Контрольная работа/Лабораторная работа 1-2
Основные языки программирования верхнего уровня и специализированные среды разработки программного обеспечения, используемые в области микропроцессорной техники	ИД-1ПК-1		+			Программирование (код)/Лабораторные работы 3-4
Типовые узлы сопряжения микроконтроллера с силовой частью электропривода и датчиками физических величин	ИД-1ПК-1			+		Программирование (код)/Лабораторные работы 5-6
<b>Уметь:</b>						
Составлять алгоритмы и программное обеспечение для реализации системы управления по заданной структуре на микроконтроллере	ИД-2ПК-1				+	Программирование (код)/Лабораторные работы 7-8

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Лабораторная работа 1-2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Лабораторные работы 3-4 (Программирование (код))
2. Лабораторные работы 5-6 (Программирование (код))
3. Лабораторные работы 7-8 (Программирование (код))

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### *Экзамен (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Н. И. Костюкова- "Программирование на языке Си: Методические рекомендации и задачи по программированию", Издательство: "Сибирское университетское издательство", Новосибирск, 2003 - (160 с.)

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57176;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57176)

2. Анучин А.С. , Алямкин Д.И. , Дроздов А.В. , Козаченко В. Ф.- "Встраиваемые высокопроизводительные цифровые системы управления. Практический курс разработки и отладки программного обеспечения сигнальных микроконтроллеров TMS320x28xxx в интегрированной среде Code Composer Studio", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (270 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72213.](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72213)

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Code Composer Studio.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-215, Учебная лаборатория "Машиновентильные системы"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, сервер, компьютер персональный, стенд учебный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-215, Учебная лаборатория "Машиновентильные системы"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, сервер, компьютер персональный, стенд учебный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-215, Учебная лаборатория "Машиновентильные системы"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, сервер, компьютер персональный, стенд учебный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-200/3, Кабинет сотрудников каф. "АЭП"	стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-212, Аудитория каф. "АЭП"	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, тумба

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Микропроцессорные средства в электроприводе**

(название дисциплины)

**1 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Лабораторная работа 1-2 (Контрольная работа)  
 КМ-2 Лабораторные работы 3-4 (Программирование (код))  
 КМ-3 Лабораторные работы 5-6 (Программирование (код))  
 КМ-4 Лабораторные работы 7-8 (Программирование (код))

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров					
1.1	Архитектура современных цифровых сигнальных микроконтроллеров		+			
2	Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio. Возможности языка программирования Си					
2.1	Среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio.			+		
2.2	Возможности языка программирования Си.			+		
3	Периферия цифровых сигнальных микроконтроллеров					
3.1	Обзор назначения и возможностей встроенной периферии				+	
3.2	Интерфейсы связи				+	
4	Примеры реализации современных цифровых систем управления.					
4.1	Методы эффективного управления инверторами напряжения и тока					+
4.2	Реализация типовых звеньев САУ и их применение в современных цифровых системах управления					+
4.3	Цифровые фильтры					+
Вес КМ, %:			15	25	35	25