

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЗАМКНУТЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.01.01.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 75,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2024**


**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Савкин Д.И.
	Идентификатор	R6c65784c-SavkinDml-0a46003e


Д.И. Савкин

**СОГЛАСОВАНО:**Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186f

М.Г. Асташев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение систем управления, как составной части электропривода

### Задачи дисциплины

- Освоение математических моделей электрических машин;
- Освоение математических моделей силовых полупроводниковых преобразователей;
- Освоить основные принципы построения современных цифровых систем управления электроприводов;
- Изучить основные структуры применяемых на практике систем управления электроприводов.

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
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Знает методы синтеза и исследования моделей	знать: - Основные модели электромеханических и электрических преобразователей энергии; - Принципы построения современных цифровых систем управления.  уметь: - Производить моделирование процессов в разработанных структурах электроприводов; - Анализировать объект управления, определять его параметры (в том числе экспериментально) и синтезировать пригодную для управления математическую модель.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная электроника и микропроцессорная техника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы электропривода
- знать Основы преобразовательной техники

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 3 зачетных единицы, 108 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	Электромеханические и энергетические свойства разомкнутой и замкнутой систем "Преобразователь - двигатель постоянного тока"	39	2	14	-	-	-	-	-	-	-	25	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b>  <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b>  <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b>  <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 247-297                  [2], Глава 3</p>
1.1	Статические, регулировочные, энергетические и динамические характеристики разомкнутой системы	5	2	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
1.2	Показатели регулирования разомкнутой системы	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Энергетические режимы и особенности работы электрических преобразователей систем "Преобразователь - двигатель постоянного тока"	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.4	Общие принципы функционального и структурного	5	2	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	

	построения замкнутых электромеханических систем													
1.5	Системы подчиненного регулирования координат электромеханической системы ТП-Д	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-		
1.6	Структурные схемы и выбор параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
1.7	Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода постоянного тока в замкнутой системе	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
2	Электромеханические и энергетические свойства разомкнутой и замкнутой систем "Преобразователь частоты - асинхронный двигатель"	34	12	-	-	-	-	-	-	-	22	-		<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 298-329 [2], Глава 4
2.1	Статические, регулировочные, энергетические и динамические характеристики разомкнутой системы ПЧ-АД	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-		

2.2	Показатели регулирования разомкнутой системы ПЧ-АД	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Энергетические режимы и особенности работы электрических преобразователей в промышленных системах ПЧ-АД	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.4	Скалярное и векторное управления АД в системах ПЧ-АД	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.5	Выбор параметров регуляторов при подчиненном регулировании координат в системах ПЧ-АД	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
2.6	Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода в замкнутой системе ПЧ-АД.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Электромеханические и энергетические свойства и характеристики замкнутой системы ПЧ-СД	17	6	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	
3.1	Функциональные и структурные схемы систем ПЧ-СД	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
3.2	Выбор параметров регуляторов при	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
														<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b>  <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b>  <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [1], 329-369</p>

	подчиненном регулировании координат в системах ПЧ-СД												
3.3	Механические, регулирующие, динамические и энергетические характеристики электропривода в замкнутой системе ПЧ-СД	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>58</b>		<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>		<b>75.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Электромеханические и энергетические свойства разомкнутой и замкнутой систем "Преобразователь - двигатель постоянного тока"

1.1. Статические, регулировочные, энергетические и динамические характеристики разомкнутой системы

1.2. Показатели регулирования разомкнутой системы

1.3. Энергетические режимы и особенности работы электрических преобразователей систем "Преобразователь - двигатель постоянного тока"

1.4. Общие принципы функционального и структурного построения замкнутых электромеханических систем

1.5. Системы подчиненного регулирования координат электромеханической системы ТП-Д

1.6. Структурные схемы и выбор параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования

1.7. Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода постоянного тока в замкнутой системе

#### 2. Электромеханические и энергетические свойства разомкнутой и замкнутой систем "Преобразователь частоты - асинхронный двигатель"

2.1. Статические, регулировочные, энергетические и динамические характеристики разомкнутой системы ПЧ-АД

2.2. Показатели регулирования разомкнутой системы ПЧ-АД

2.3. Энергетические режимы и особенности работы электрических преобразователей в промышленных системах ПЧ-АД

2.4. Скалярное и векторное управления АД в системах ПЧ-АД



2.5. Выбор параметров регуляторов при подчиненном регулировании координат в системах ПЧ-АД

2.6. Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода в замкнутой системе ПЧ-АД.

3. Электромеханические и энергетические свойства и характеристики замкнутой системы ПЧ-СД

3.1. Функциональные и структурные схемы систем ПЧ-СД

3.2. Выбор параметров регуляторов при подчиненном регулировании координат в системах ПЧ-СД

3.3. Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода в замкнутой системе ПЧ-СД

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**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	
<b>Знать:</b>					
Принципы построения современных цифровых систем управления	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>		+		Расчетно-графическая работа/Расчет и моделирование системы "преобразователь частоты - асинхронный двигатель"
Основные модели электромеханических и электрических преобразователей энергии	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+			Расчетно-графическая работа/Расчет и моделирование системы "преобразователь напряжения - двигатель постоянного тока"
<b>Уметь:</b>					
Анализировать объект управления, определять его параметры (в том числе экспериментально) и синтезировать пригодную для управления математическую модель	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+			Контрольная работа/Определение параметров модели двигателя постоянного тока
Производить моделирование процессов в разработанных структурах электроприводов	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>			+	Расчетно-графическая работа/Расчет и моделирование системы "преобразователь частоты - синхронный двигатель"

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчет и моделирование системы "преобразователь напряжения - двигатель постоянного тока" (Расчетно-графическая работа)
2. Расчет и моделирование системы "преобразователь частоты - асинхронный двигатель" (Расчетно-графическая работа)
3. Расчет и моделирование системы "преобразователь частоты - синхронный двигатель" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение параметров модели двигателя постоянного тока (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №2)*

Оценка определяется соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной) составляющих В приложение к диплому выносятся оценка за 2 семестр.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. Анучин А. С.- "Системы управления электроприводов", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2015 - (373 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72285;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72285)

2. Ильинский Н.Ф.- "Основы электропривода", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017

[https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011331.html.](https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011331.html)

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. SimInTech.

### **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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 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
	Ж-506, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-515, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-515, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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-200/1, Кабинет сотрудников каф. "АЭП"	стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, сервер, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-212, Аудитория каф. "АЭП"	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, тумба

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Замкнутые электромеханические системы

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

- КМ-1 Определение параметров модели двигателя постоянного тока (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет и моделирование системы "преобразователь напряжения - двигатель постоянного тока" (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 Расчет и моделирование системы "преобразователь частоты - асинхронный двигатель" (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Расчет и моделирование системы "преобразователь частоты - синхронный двигатель" (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	2	6	10	14
1	Электромеханические и энергетические свойства разомкнутой и замкнутой систем "Преобразователь - двигатель постоянного тока"					
1.1	Статические, регулировочные, энергетические и динамические характеристики разомкнутой системы		+			
1.2	Показатели регулирования разомкнутой системы		+			
1.3	Энергетические режимы и особенности работы электрических преобразователей систем "Преобразователь - двигатель постоянного тока"		+			
1.4	Общие принципы функционального и структурного построения замкнутых электромеханических систем			+		
1.5	Системы подчиненного регулирования координат электромеханической системы ТП-Д			+		
1.6	Структурные схемы и выбор параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования			+		
1.7	Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода постоянного тока в замкнутой системе			+		
2	Электромеханические и энергетические свойства разомкнутой и замкнутой систем "Преобразователь частоты - асинхронный двигатель"					
2.1	Статические, регулировочные, энергетические и динамические характеристики разомкнутой системы ПЧ-АД				+	
2.2	Показатели регулирования разомкнутой системы ПЧ-АД				+	

2.3	Энергетические режимы и особенности работы электрических преобразователей в промышленных системах ПЧ-АД			+	
2.4	Скалярное и векторное управления АД в системах ПЧ-АД			+	
2.5	Выбор параметров регуляторов при подчиненном регулировании координат в системах ПЧ-АД			+	
2.6	Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода в замкнутой системе ПЧ-АД.			+	
3	Электромеханические и энергетические свойства и характеристики замкнутой системы ПЧ-СД				
3.1	Функциональные и структурные схемы систем ПЧ-СД				+
3.2	Выбор параметров регуляторов при подчиненном регулировании координат в системах ПЧ-СД				+
3.3	Механические, регулировочные, динамические и энергетические характеристики электропривода в замкнутой системе ПЧ-СД				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25