

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электропривод и автоматика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

<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.08.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 133,5 часа;</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>Коллоквиум</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,50 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

А.С. Анучин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

А.С. Анучин

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

А.С. Анучин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Владение знанием элементной базы систем автоматики, рабочих характеристик элементов, областей их применения и работы в составе оборудования систем электропривода

### Задачи дисциплины

- Изучение номенклатуры и основных характеристик элементов силового и информационного каналов современного автоматизированного электропривода и систем автоматизации;
- Освоение процесса проектирования устройств автоматики на базе интегральных микросхем и микропроцессорных комплектов с использованием законов булевой алгебры, нечёткой логики;
- Построение схем на базе операционных усилителей для измерительных цепей;
- Изучение статических и динамических характеристик управляемых силовых преобразователей и систем автоматического регулирования на их основе.

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-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, технологические и экологические требования с учетом критериев энергетической эффективности	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений	знать: - Конструкции и принципы действия основных силовых датчиков физических величин, цифровых и аналоговых микросхем.  уметь: - Анализировать конструкции и принципы действия основных силовых полупроводниковых, электромеханических преобразователей.
ПК-4 Способен составлять и оформлять типовую техническую документацию	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Владеет навыками чтения, оформления и использования технической документации	знать: - Типовые схемы применения элементов систем автоматики.  уметь: - Обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования.
ПК-5 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике, выбирать	ИД-2 <sub>ПК-5</sub> Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электротехнического оборудования	знать: - Основные показатели качества элементов систем автоматизации.  уметь: - Проводить многокритериальную оценку основных элементов систем

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
методы экспериментальной и проектной деятельности, интерпретировать и представлять полученные результаты		автоматизации.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электропривод и автоматика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать устройство, принцип действия и основные свойства электромеханических преобразователей энергии, электронных компонентов и типовых схем на их основе, датчиков электрических и неэлектрических величин
- знать устройство, принцип действия и основные свойства электрических и электронных аппаратов
- уметь анализировать функционирование различных структур автоматического управления, получать их статические и динамические характеристики по известным характеристикам элементов системы

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 6 зачетных единиц, 216 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	Введение в системы автоматики и автоматизации	10	7	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 3-6
1.1	Области применения и виды систем автоматизации	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Понятие и классификация основных элементов автоматических и автоматизированных систем управления	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Функции и параметры элементов	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2	Силовые электрические преобразователи	98		16	16	10	-	-	-	-	-	56	-	
2.1	Выпрямители	23	5	-	2	-	-	-	-	-	16	-		
2.2	Тиристорный регулятор напряжения	37	5	8	4	-	-	-	-	-	20	-		
2.3	Преобразователи частоты	38	6	8	4	-	-	-	-	-	20	-		
3	Датчики в электроприводе	50	8	8	4	-	-	-	-	-	30	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 124-141	
3.1	Датчики тока	13	2	4	1	-	-	-	-	-	6	-		
3.2	Датчики напряжения	9	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-		
3.3	Датчики температуры	8	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-		

3.4	Датчики скорости и положения	13	2	4	1	-	-	-	-	-	6	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 117-124
3.5	Наблюдатели положения и скорости (обзор)	7	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
4	Сопряжение элементов электропривода	22	4	8	2	-	-	-	-	-	8	-	
4.1	Микроконтроллеры и программируемые логические матрицы	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
4.2	Сопряжение микроконтроллеров с датчиками	11	-	8	2	-	-	-	-	-	1	-	
4.3	Сопряжение микроконтроллеров и силовых транзисторов	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
4.4	Управление реле, контакторами	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
4.5	Интерфейсы связи	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	2.00	-	-	0.50	-	33.50	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.00</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	<b>2.00</b>	-	-	<b>0.50</b>	<b>100</b>	<b>33.50</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.00</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>		<b>2.00</b>	-		<b>0.50</b>	<b>133.50</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. Введение в системы автоматики и автоматизации

1.1. Области применения и виды систем автоматизации

1.2. Понятие и классификация основных элементов автоматических и автоматизированных систем управления

1.3. Функции и параметры элементов

Влияние элементной базы на развитие автоматизированных систем.

### 2. Силовые электрические преобразователи

2.1. Выпрямители

2-фазный и 3-фазный выпрямители. Тиристорный выпрямитель. Сетевой ток. Оценка качества потребления тока из сети. Коэффициент гармонических искажений. Повышение качества потребления тока за счёт корректора коэффициента мощности в двухфазных выпрямителях.

2.2. Тиристорный регулятор напряжения

Структура и функциональная схема регулятора напряжения. Энергетика при работе асинхронного двигателя с тиристорным регулятором напряжения.

2.3. Преобразователи частоты

Структура и функциональная схема преобразователя частоты со звеном постоянного тока. Фильтры:  $du/dt$ , синусный фильтр, особенности применения. Рекуперативные преобразователи частоты. Широтно-импульсная модуляция: синусоидальная, векторная ШИМ. Мёртвое время.. Энергетические, статические и динамические характеристики асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты..

### 3. Датчики в электроприводе

3.1. Датчики тока

Шунтовые аналоговые датчики. Датчики на эффекте Холла. Шунтовые датчики с дельта-сигма модуляцией.

3.2. Датчики напряжения

Ввод сигналов с аналоговых датчиков, схемы предусиления на базе операционных усилителей.

3.3. Датчики температуры

Линеаризация сигнала термисторов.

3.4. Датчики скорости и положения

Тахогенератор. Инкрементальный датчик положения (оптический и магниторезистивный). Способы измерения скорости для инкрементальных датчиков

положения. Датчики положения на эффекте Холла. Кодовые абсолютные датчики положения.

### 3.5. Наблюдатели положения и скорости (обзор)

## 4. Сопряжение элементов электропривода

4.1. Микроконтроллеры и программируемые логические матрицы  
Нагрузочная способность микросхем и полупроводниковых элементов. Гальваническая развязка сигналов.

4.2. Сопряжение микроконтроллеров с датчиками

4.3. Сопряжение микроконтроллеров и силовых транзисторов  
Устройство драйвера IGBT. Примеры стандартных драйверов.

4.4. Управление реле, контакторами

4.5. Интерфейсы связи

Дифференциальная передача данных, потенциальная передача с привязкой — I2C. RS-232/422/485, MODBUS RTU. CAN-интерфейс, CANopen.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. С6. Определение параметров АД. И построение моделей для отладки принципов управления от ПЧ.;
2. С5. Решение задач на подключение дискретных датчиков к микроконтроллеру. Согласование уровней сигналов.;
3. С4. Решение задач на разработку схем подключения микроконтроллера к аналоговым датчикам.;
4. С3. Моделирование преобразователя частоты со скалярной системой управления.;
5. С2. Моделирование тиристорного регулятора напряжения. Анализ потребления электроэнергии в процессе пуска.;
6. С1. Моделирование тиристорного выпрямителя. Гармонический анализ токов сети..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Л7. Исследование сигналов инкрементального датчика положения ротора и динамических характеристик АД при питании от ПЧ. (4 часа);
2. Л6. Исследование и сравнительный анализ сигналов датчиков тока компенсационного типа и трансформаторов тока. (4 часа);
3. Л5. Исследование сигналов синусно-косинусного вращающегося трансформатора и динамических характеристик ДПТНВ при питании от тиристорного выпрямителя.;
4. Л8. Методы и средства исследования энергетических характеристик системы ТВ-ДПТНВ.;
5. Л3. Изучение состава выходного тока и напряжения ПЧ.;
6. Л2. Исследование энергетических характеристик системы ТРН-АД и гармонический анализ тока сети.;



7. Л1. Исследование характеристик тиристорного выпрямителя при работе на двигатель и гармонический анализ токов сети.;
8. Л4. Изучение состава входного тока и напряжения рекуперативного ПЧ..

### **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>						
Конструкции и принципы действия основных силовых датчиков физических величин, цифровых и аналоговых микросхем	ИД-1ПК-3			+		Коллоквиум/Лабораторные работы 5-6
Типовые схемы применения элементов систем автоматики	ИД-1ПК-4				+	Контрольная работа/Характеристики датчиков электрических и неэлектрических величин и обработка сигналов
Основные показатели качества элементов систем автоматизации	ИД-2ПК-5	+	+			Коллоквиум/Лабораторные работы 1-2
<b>Уметь:</b>						
Анализировать конструкции и принципы действия основных силовых полупроводниковых, электромеханических преобразователей	ИД-1ПК-3		+			Контрольная работа/Режимы работы и характеристики силовых преобразователей
Обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования	ИД-1ПК-4				+	Коллоквиум/Лабораторные работы 7-8
Проводить многокритериальную оценку основных элементов систем автоматизации	ИД-2ПК-5	+	+			Коллоквиум/Лабораторные работы 3-4

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Режимы работы и характеристики силовых преобразователей (Контрольная работа)
2. Характеристики датчиков электрических и неэлектрических величин и обработка сигналов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №7)*

Оценка за освоение дисциплины определяется согласно соотношению весовых коэффициентов различных видов текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в БАРС-структуре дисциплины

В диплом выставляется оценка за 7 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: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012581.html>;
2. Водовозов, А. М. Элементы систем автоматики : учебное пособие для вузов по специальности 140604 "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" направления 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. М. Водовозов . – М. : АКАДЕМИЯ, 2006 . – 224 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 5-7695-2934-2 .;
3. Попков О.З.- "Основы преобразовательной техники", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011638.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. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
8. 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-815, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-100/4, Учебная лаборатория АВВ - МЭИ	стол, стул, лабораторный стенд, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
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-200/3, 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

## Элементы систем автоматики

(название дисциплины)

## 7 семестр

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

КМ-1 Лабораторные работы 1-2 (Коллоквиум)

КМ-2 Лабораторные работы 3-4 (Коллоквиум)

КМ-3 Режимы работы и характеристики силовых преобразователей (Контрольная работа)

КМ-4 Лабораторные работы 5-6 (Коллоквиум)

КМ-5 Характеристики датчиков электрических и неэлектрических величин и обработка сигналов (Контрольная работа)

КМ-6 Лабораторные работы 7-8 (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	9	12	13	16
1	Введение в системы автоматики и автоматизации							
1.1	Области применения и виды систем автоматизации		+	+				
1.2	Понятие и классификация основных элементов автоматических и автоматизированных систем управления		+	+				
1.3	Функции и параметры элементов		+	+				
2	Силовые электрические преобразователи							
2.1	Выпрямители		+	+	+			
2.2	Тиристорный регулятор напряжения		+	+	+			
2.3	Преобразователи частоты		+	+	+			
3	Датчики в электроприводе							
3.1	Датчики тока					+		
3.2	Датчики напряжения					+		
3.3	Датчики температуры					+		
3.4	Датчики скорости и положения					+		

3.5	Наблюдатели положения и скорости (обзор)				+		
4	Сопряжение элементов электропривода						
4.1	Микроконтроллеры и программируемые логические матрицы					+	+
4.2	Сопряжение микроконтроллеров с датчиками						+
4.3	Сопряжение микроконтроллеров и силовых транзисторов					+	+
4.4	Управление реле, контакторами					+	
4.5	Интерфейсы связи					+	
Вес КМ, %:		20	20	15	15	15	15