

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 07.10.2023 15:39:59  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742755c180100

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета машиностроения  
/Е.В.Сафонов/  
« 19 » \_\_\_\_\_ 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Электромеханические элементы в мехатронике»**

Направление подготовки

**15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

Образовательная программа (профиль подготовки)

**«Мехатронные системы в промышленной автоматизации»**

Квалификация (степень) выпускника:

**Магистр**

Форма обучения:

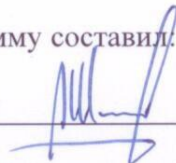
**Очная**

Москва 2022

Программа дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и профилю подготовки «Мехатронные системы в промышленной автоматизации».

Программу составил:

к.т.н., доцент



А.С. Маклаков

Программа дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и профилю подготовки «Мехатронные системы в промышленной автоматизации» и утверждена на заседании кафедры «Автоматика и управление»

« 31 » 08 2022 г. протокол № 1

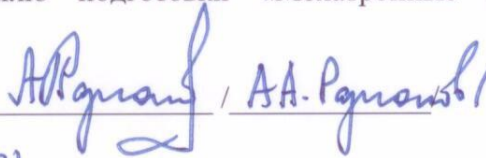
Заведующий кафедрой

доцент, к.т.н.



/А.В. Кузнецов/

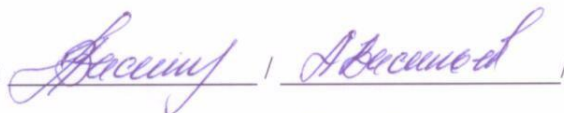
Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и профилю подготовки «Мехатронные системы в промышленной автоматизации»



« 31 » 08 20 22 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения.

Председатель комиссии



« 13 » 09 20 22 г. Протокол: № 14-22

Присвоен регистрационный номер:	15.04.04.01/01.2022.18
---------------------------------	------------------------

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

### **1.1. Цели дисциплины**

Основной целью освоения дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» является изучение свойств, законов и характеристик различных исполнительных электромеханических устройств в мехатронных системах автоматизированного производства.

### **1.2. Задачи дисциплины**

К основным задачам освоения дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» следует отнести:

- понимание принципов работы электромеханических преобразователей их, устройства, физических явлений и закономерностей;
- ознакомление с перспективным направлениям развития электрических двигателей и электромеханических аппаратов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Электромеханические элементы в мехатронике» относится к вариативной части цикла элективных дисциплин по направлению 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (квалификация «магистр»).

Дисциплина не является обязательной при освоении образовательной программы по указанному направлению подготовки.

Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В обязательной части Блока 1:*

- Технические средства автоматизации и управления мехатронных систем.

*В вариативной части Блока 2 (Б.2.2):*

- Производственная (преддипломная) практика

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-5	Способен производить анализ компоновок гибких производственных систем, расчеты и проектирование отдельных устройств мехатронных систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.	<p><b>Знать:</b> - принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики</p> <p><b>Уметь:</b> - использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов</p> <p><b>Владеть:</b> - навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные занятия	18	18
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	72	72
Подготовка к зачёту	5	5
Оформление отчета, подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	41	41
Подготовка к лекционным занятиям	26	26
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	Зачет

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

#### Содержание разделов дисциплины

##### Второй семестр

**Тема 1. Классификация электромеханических элементов и основные физические законы их функционирования**

Предмет курса «Электромеханические элементы в мехатронике», его место в системе электротехнического образования. Связь курса со смежными дисциплинами. Краткие исторические сведения. Вклад в электротехнику и в электромашиностроение отечественных и зарубежных ученых. Электромеханический элемент, как средство управления режимами работы, защиты и регулирования параметров в мехатронных системах. Требования к электрическим и электронным аппаратам. Аппараты управления и их электродинамическая стойкость. Командоаппараты. Путевые выключатели. Универсальные переключатели. Реостаты. Пусковые и пускорегулирующие реостаты. Контактторы. Магнитные пускатели переменного и постоянного тока. Электромагнитные и тепловые реле. Реле времени. Поляризованные реле. Герконовые реле переменного и постоянного тока.

## **Тема 2. Основные процессы в электромеханических системах электрических аппаратах**

Электромагнитная сила в герконе. Время срабатывания герконового реле. Конструкция. Управление с помощью постоянных магнитов. Герконовые реле с памятью. Преимущества и недостатки герконов. Бесконтактные полупроводниковые электрические аппараты управления. Электромагнитные явления в электрических аппаратах. Основные законы электричества и магнетизма. Физические явления в электронных аппаратах. Электромагниты. Магнитная цепь. Магнитная проводимость воздушных зазоров. Магнитная цепь электромагнитов постоянного и переменного тока. Обмотки электромагнитов. Требования к материалам для магнитных цепей электромагнитов. Сила тяги электромагнитов. Динамика работы и время срабатывания электромагнитов.

## **Тема 3. Основные процессы в электромеханических системах электрических машин**

Двигатели постоянного тока. Преобразование электрической энергии в механическую. Принцип обратимости электрических машин. Энергетическая диаграмма и уравнение ЭДС двигателя. Электромеханические характеристики двигателей. Понятие асинхронной машины, ее принцип действия. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения. Механические и скоростные характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики при полном и пониженном напряжении. Понятие о синхронном двигателе. Рабочие и механические характеристики синхронных двигателей. Конструкция. Регулирование активной и реактивной мощности. Понятие асинхронной машины, ее принцип действия. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения. Механические и скоростные характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики при полном и пониженном напряжении. Понятие о синхронном двигателе. Рабочие и механические характеристики синхронных двигателей. Конструкция. Регулирование активной и реактивной мощности.

## **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению и защита лабораторных работ;

- организация и проведение текущего контроля знаний студентов;
- технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, продемонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» и в целом по дисциплине составляет 40% аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

### **Во втором семестре**

- защита лабораторных работ;
- зачёт.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

#### **6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-5	Способен производить анализ компоновок гибких производственных систем, расчеты и проектирование отдельных устройств мехатронных

	систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.
--	---

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Критерии оценивания			
	не зачтено	зачтено		
<b>знать:</b> принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

<p><b>уметь:</b> использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет правильно и рационально использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов</p>	<p>Обучающийся владеет навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>

### **Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:**

**Форма промежуточной аттестации: зачёт.**



Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется «не зачтено» или «зачтено».

Зачёт проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения зачёта его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность зачёта 30 минут.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» (выполнили и успешно защитили лабораторные работы)

Шкала оценивания	Описание
<b>зачтено</b>	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
<b>не зачтено</b>	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 3 к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Беспалов, В. Я. Электрические машины Учеб. пособие для вузов по направлению 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. - М.: Академия, 2006. - 312, [1] с. ил.

2. Копылов, И. П. Электрические машины Учеб. для вузов по электромех. и электроэнергет. специальностям. - 2-е изд., перераб. - М.: Высшая школа: Логос, 2000. - 606,[1] с. ил.

## 7.2 Дополнительная литература

1. Тюков, В. А. Электромеханические системы : учебное пособие / В. А. Тюков. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-2756-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118093> (дата обращения: 24.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Вольдек, А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы Текст учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" А. И. Вольдек, В. В. Попов. - СПб. и др.: Питер, 2008. - 319 с. ил.

3. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока Текст учебник для вузов по направлениям "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" А. И. Вольдек, В. В. Попов. - СПб. и др.: Питер, 2010. - 349 с. ил.

4. Гольдберг, О. Д. Электромеханика Текст учеб. для вузов по направлению 140200 "Электроэнергетика" О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская ; под ред. О. Д. Гольдберга. - М.: Академия, 2007. - 511, [1] с. ил.

## 7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1) Компьютерные классы кафедры «Автоматика и управление»: ауд. 2614ав, 2507ав.

Оборудование и аппаратура: проектор, ноутбук, материалы в электронном виде для лекций, лабораторных работ.

2) Программа Math Works-MATLAB, Simulink 2013b;

3) Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <https://lib.mospolytech.ru/> в разделе «Библиотека».

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

### Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачёту.

## **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

## **Вопросы, выносимые на самостоятельную работу (ПК-5)**

### **Семестр 2**

Программа для моделирования Math Works-MATLAB, Simulink 2013b. Асинхронный пуск синхронного двигателя. Синхронный компенсатор. Процессы в синхронном генераторе при внезапном коротком замыкании обмоток статора. Принцип действия и устройство реактивной синхронной машины. Характеристика короткого замыкания синхронной машины.

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к лабораторным работам.

При подготовке к лабораторным работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенной лабораторной работы. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- Math Works-MATLAB, Simulink 2013b;
- учебники, методическая литература, информационные ресурсы Интернета.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки магистров **15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**, образовательная программа (профиль) «**Электромеханические элементы в мехатронике**».

**Приложение к рабочей программе:**

1. Структура и содержание дисциплины
2. Аннотация рабочей программы дисциплины
3. Фонд оценочных средств
4. Тематика лабораторных работ

Структура и содержание дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» по направлению подготовки  
15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
(магистр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов			Формы аттестации			
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	Подготовка к выполнению и лаб. работ	Под. к зачёту	Под. к лекционным занятиям	Э	З/ДЗ	КР/КП	
<b>Второй семестр</b>															
1	<b>Классификация электромеханических элементов и основные физические законы их функционирования.</b> Предмет курса «Электромеханические элементы в мехатронике», его место в системе электротехнического образования. Связь курса со смежными дисциплинами. Краткие исторические сведения. Вклад в электротехнику и в	2	1	2			6			2		4			

	электромашиностроение отечественных и зарубежных ученых.													
2	<p>Электромеханический элемент, как средство управления режимами работы, защиты и регулирования параметров в мехатронных системах.</p> <p>Требования к электрическим и электронным аппаратам.</p> <p>Аппараты управления и их электродинамическая стойкость.</p> <p>Командоаппараты. Путьевые выключатели. Универсальные переключатели. Реостаты.</p> <p>Пусковые и пускорегулирующие реостаты. Контактторы переменного и постоянного тока.</p> <p>Магнитные пускатели переменного и постоянного тока.</p> <p>Электромагнитные и тепловые реле. Реле времени.</p> <p>Поляризованные реле. Герконовые реле.</p>	2	2	2		6		2		4				
3	Лабораторная работа №1. Изучение конструкции и свойств электромагнитных реле постоянного и переменного тока	2	3			2	2		2					
4	Защита лабораторной работы №1	2	4			2	2		4					
5	<p><b>Основные процессы в электромеханических системах электрических аппаратах.</b></p> <p>Электромагнитная сила в герконе.</p> <p>Время срабатывания герконового</p>	2	5	2		6		2		4				

	реле. Конструкция. Управление с помощью постоянных магнитов. Герконовые реле с памятью. Преимущества и недостатки герконов. Бесконтактные полупроводниковые электрические аппараты управления.												
6	Электромагнитные явления в электрических аппаратах. Основные законы электричества и магнетизма. Физические явления в электронных аппаратах. Электромагниты. Магнитная цепь. Магнитная проводимость воздушных зазоров.	2	6	2		6		2		4			
7	Лабораторная работа №2. Изучение конструкции и свойств герконового реле, реле времени и поляризованного реле	2	7			2	2		3				
8	Магнитная цепь электромагнитов постоянного и переменного тока. Обмотки электромагнитов. Требования к материалам для магнитных цепей электромагнитов. Сила тяги электромагнитов. Динамика работы и время срабатывания электромагнитов.	2	8	2		2		2		2			
9	Защита лабораторной работы №2	2	9			2	2		2				
10	<b>Основные процессы в электромеханических системах электрических машин.</b> Двигатели постоянного тока.	2	10	2		6		2		2			

	Преобразование электрической энергии в механическую. Принцип обратимости электрических машин. Энергетическая диаграмма и уравнение ЭДС двигателя. Электромеханические характеристики двигателей.												
11	Понятие асинхронной машины, ее принцип действия. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения. Механические и скоростные характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики при полном и пониженном напряжении.	2	11	2		2		2		2			
12	Лабораторная работа №3. Исследование двигателей постоянного тока и снятие электромеханических и механических характеристик	2	12-13		4	2		4					
13	Понятие о синхронном двигателе. Рабочие и механические характеристики синхронных двигателей. Конструкция. Регулирование активной и реактивной мощности. Понятие асинхронной машины, ее принцип действия. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения.	2	14	2		4		2		2			
	Механические и скоростные характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики при полном и	2	15	2		4		4		2			



	пониженном напряжении. Понятие о синхронном двигателе. Рабочие и механические характеристики синхронных двигателей. Конструкция. Регулирование активной и реактивной мощности.												
14	Защита лабораторной работы №3	2	16			2	2		2				
15	Лабораторная работа №4. Исследование двигателей переменного тока и снятие электромеханических и механических характеристик	2	17			2	2		2				
16	Защита лабораторной работы №4	2	18			2	2		2				
	Промежуточная аттестация	2	19-21				5			5			3
	Всего часов по дисциплине во втором семестре			18	0	18	72	0	41	5	26		
	Итого часов по дисциплине			108									

## **Аннотация программы дисциплины**

### **Электромеханические элементы в мехатронике**

#### **Направление подготовки**

**15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**

**Профиль: Мехатронные системы в промышленной автоматизации**

Квалификация (степень) выпускника: **магистр**

#### **1. Цели дисциплины**

Основной целью освоения дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» является изучение свойств, законов и характеристик различных исполнительных электромеханических устройств в мехатронных системах автоматизированного производства.

#### **2. Задачи дисциплины**

К основным задачам освоения дисциплины «Электромеханические элементы в мехатронике» следует отнести:

- понимание принципов работы электромеханических преобразователей их, устройства, физических явлений и закономерностей;
- ознакомление с перспективным направлениям развития электрических двигателей и электромеханических аппаратов.

#### **3. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Электромеханические элементы в мехатронике» относится к вариативной части цикла элективных дисциплин по направлению 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (квалификация «магистр»).

Дисциплина не является обязательной при освоении образовательной программы по указанному направлению подготовки.

Дисциплина непосредственно связана с дисциплинами со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В обязательной части Блока 1:*

- Технические средства автоматизации и управления мехатронных систем.

*В вариативной части Блока 2 (Б.2.2):*

- Производственная (преддипломная) практика

#### **4. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате изучения дисциплины должны быть достигнуты следующие результаты как этап формирования соответствующих компетенций:

**знать:**

- принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики

**уметь:**

- использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов

**владеть:**

- навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов

### 5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36	
Лекции (Л)	18	18	
Лабораторные занятия	18	18	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	72	72	
Подготовка к зачёту	5	5	
Оформление отчета, подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	41	41	
Подготовка к лекционным занятиям	26	26	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	Зачет	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки: 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и  
производств»

ОП (профиль): «Мехатронные системы в промышленной автоматизации»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности:  
проектно-конструкторская

Кафедра «Автоматика и управление»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Электромеханические элементы в мехатронике**

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:  
перечень вопросов к экзамену  
типовые вопросы к защите лабораторных работ

**Составители:**

**доц., к.т.н. Маклаков А.С.**

Москва, 2022 год

## Показатель уровня сформированности компетенций

Электромеханические элементы в мехатронике					
Компетенции		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства	Степени уровней освоения компетенций
Индекс	Формулировка				
ПК-5	Способен производить анализ компоновок гибких производственных систем, расчеты и проектирование отдельных устройств мехатронных систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.	<p><b>знать:</b> принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики</p> <p><b>уметь:</b> использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов</p> <p><b>владеть:</b> навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов</p>	лабораторные работы, самостоятельная работа	Защита лабораторных работ, зачёт	<p><b>Базовый уровень:</b> Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих <b>знаний:</b> принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и характеристики; <b>умений:</b> использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов; <b>навыками:</b> навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих <b>знаний:</b> принцип действия современных типов электромеханических элементов постоянного и переменного тока, знать особенности их конструкции и</p>

					характеристики; <b>умений:</b> использовать полученные знания при решении практических задач по наладке, испытаниям и эксплуатации электромеханических элементов; <b>навыками:</b> навыками расчетов, анализа режимов работы и характеристик электромеханических элементов
--	--	--	--	--	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Электромеханические элементы в мехатронике»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Лабораторные работы	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).	Задания для защиты лабораторных работ

### Перечень вопросов к зачёту

Текст вопроса	Код компетенции
1. Сравните скоростные (электромеханические) характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.	ПК-5
2. Опишите процесс регулирования скорости: а) при изменении регулировочного сопротивления в цепи якоря $R_{pa}$ при $M_c = \text{const}$ . б) при изменении регулировочного сопротивления в цепи возбуждения $R_{pb}$ при $M_c = \text{const}$ .	ПК-5
3. Зависит ли ток якоря двигателя независимого возбуждения при $M_c = \text{const}$ : а) от напряжения $U_a$ ; б) от сопротивления в цепи якоря $R_a$ в) от сопротивления в цепи возбуждения $R_b$ ?	ПК-5
4. Зависит ли ток якоря двигателя параллельного возбуждения при $M_c = \text{const}$ : а) от напряжения $U_c$ ; б) от сопротивления в цепи якоря $R_a$ ; в) от сопротивления в цепи возбуждения $R_b$ ?	ПК-5
5. От чего зависит скорость холостого хода двигателя независимого возбуждения? Как она изменится при трех способах регулирования скорости?	ПК-5
6. Почему двигатель последовательного возбуждения нельзя пускать в ход без нагрузки?	ПК-5
7. Рассмотрите процесс преобразования энергии в генераторном и двигательном режимах машин постоянного тока. Для обоих режимов запишите уравнение баланса мощности.	ПК-5
8. Выведите уравнение электрического состояния якорной цепи генератора и двигателя постоянного тока. На электрических схемах генератора и двигателя независимого возбуждения показать направление напряжения $U$ , ЭДС $E$ и тока якоря $I_a$ .	ПК-5
9. Провести анализ влияния изменения полярности напряжений $U$ и $U_a$ на величину и направление напряжения $U$ , ЭДС $E$ и тока якоря $I_a$ , электромагнитного момента $M_{эм}$ для генератора и двигателя постоянного тока.	ПК-5
10. Изобразите внешние характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения. Объясните их различие.	ПК-5
11. Как влияет способ соединения обмоток генератора смешанного возбуждения (согласное или встречное) на вид внешней характеристики генератора. Изобразите характеристики и объясните их различие	ПК-5
12. Как изменится характеристика холостого хода генератора независимого возбуждения при уменьшении скорости его вращения в 2 раза по сравнению с номинальной скоростью. К каким последствиям может привести такое уменьшение скорости, в генераторе параллельного возбуждения;	ПК-5
13. Прodelайте построение внешней характеристики генератора параллельного возбуждения с помощью характеристики холостого хода и характеристического треугольника	ПК-5
14. Что такое характеристический треугольник, и каким образом он может быть построен?	ПК-5
15. Изобразите внешнюю характеристику генератора независимого возбуждения. Показать, как изменяется эта характеристика при уменьшении скорости вращения, увеличении тока возбуждения и	ПК-5



сопротивления цепи якоря?	
16. Объясните, можно ли изменить полярность щеток генераторов параллельного и независимого возбуждения, если при том же направлении вращения пересоединить концы обмоток возбуждения.	ПК-5
17. Начертите на одном графике и обоснуйте вид внешней характеристики генератора независимого возбуждения при различных токах возбуждения	ПК-5
18. Чем определяется установившийся ток короткого замыкания генератора с параллельным возбуждением?	ПК-5
19. Как изменится напряжение на зажимах генератора с параллельным и последовательным возбуждением при одинаковых частотах вращения и сопротивлениях в цепи якоря если нагрузочный ток возрастает в 2 раза?	ПК-5
20. У какого генератора (с независимым возбуждением или с самовозбуждением) при возрастании частоты вращения якоря быстрее нарастает напряжение на зажимах?	ПК-5
21. Почему очень редко применяется генератор с последовательным возбуждением?	ПК-5
22. Начертить Т-образную и точную Г-образную схемы замещения.	ПК-5
23. Для чего Т-образную схему замещения преобразуют в Г-образную?	ПК-5
24. Каким образом опытным путем у асинхронного двигателя определяются параметры схемы замещения?	ПК-5
25. Зависит ли синхронная скорость асинхронной машины от напряжения $U_1$ , момента на валу, числа пар полюсов?	ПК-5
26. Какое влияние высшие гармонические МДС могут оказать на кривую $M = f(S)$ ?	ПК-5
27. При каком соотношении параметров пусковой момент достигает максимального?	ПК-5
28. От каких величин зависит максимальный момент и критическое скольжение?	ПК-5
29. Объяснить повышение энергетических показателей (КПД и $\cos \varphi$ ) при понижении напряжения в области малых нагрузок.	ПК-5
30. Опишите последовательность процессов в асинхронном двигателе при изменении нагрузки на валу.	ПК-5
31. По каким экспериментальным данным строят упрощенную круговую диаграмму?	ПК-5
32. С какой целью в процессе пуска выводится добавочное сопротивление $R_d$ из цепи ротора?	ПК-5
33. Почему пусковые свойства асинхронного двигателя с фазным ротором лучше, чем у асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?	ПК-5
34. Как улучшить пусковые свойства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?	ПК-5
35. Зависит ли пусковой момент $M_p$ асинхронного двигателя от напряжения? Построить механические характеристики при $U = U_{ном}$ и $U < U_{ном}$ . Во сколько раз снизится $M_p$ при снижении $U_1$ на 10 %?	ПК-5
36. Как зависит $M_p$ и $M_{max}$ асинхронного двигателя от величины активного сопротивления в цепи ротора?	ПК-5
37. Нарисуйте рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их вид.	ПК-5
38. Почему при холостом ходе $\cos \varphi$ меньше, чем при номинальной нагрузке?	ПК-5
39. Во сколько раз $E_2$ при $S = 1$ больше $E_2$ при $n_n = 950$ об/мин?	ПК-5
40. С какой целью переключают обмотку статора с "треугольника" на	ПК-5

"звезду" при малых нагрузках?	
41. Может ли асинхронный генератор работать автономно?	ПК-5
42. Указать некоторые практические случаи применения режима электромагнитного тормоза.	ПК-5
43. В каком режиме асинхронная машина работает при $S = 0$ ?	ПК-5
44. Почему в двигателях с фазным ротором практически не используют переключения числа пар полюсов?	ПК-5
45. Как перевести асинхронный двигатель в генераторный режим работы?	ПК-5
46. Объяснить влияние высших гармонических магнитного поля на форму кривой	ПК-5
47. Нарисуйте рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их вид.	ПК-5
48. Почему при холостом ходе $\cos \varphi$ меньше, чем при номинальной нагрузке?	ПК-5
49. Во сколько раз $E_2$ при $S = 1$ больше $E_2$ при $n_n = 950$ об/мин?	ПК-5
50. С какой целью переключают обмотку статора с "треугольника" на "звезду" при малых	ПК-5

### Типовые вопросы к защите лабораторных работ

#### Лабораторная работа №1:

1. Электродинамические усилия в электрических аппаратах. Нагрев электрических аппаратов.
2. Работа контактов. Термическая стойкость. Электрические контакты.
3. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.
4. Электрическая дуга. Дуга постоянного тока. ВАХ. Условия горения и гашения дуги.
5. Отключение электрических цепей. Условие гашения и горения дуги. Перенапряжение при гашении дуги.
6. Электромагниты. Магнитная цепь электромагнитов переменного тока. Сила тяги электромагнитов.
7. Обмотки электромагнитов постоянного и переменного тока. Динамика работы и время срабатывания электромагнитов.
8. Требования к материалам для магнитных цепей электромагнитов.
9. Классификация аппаратов. Требования.
10. Электромагнитные и тепловые реле. Основные характеристики, требования, выбор.

#### Лабораторная работа №2:

1. Электромагнитные поляризованные реле. Устройство и принцип действия.
2. Электромагнитные реле тока и напряжения. Выбор реле.
3. Реле тока с выдержкой времени зависящей от тока.
4. Электромагнитные и полупроводниковые реле времени. Устройство, принцип действия, основные характеристики, выбор.
5. Индукционные реле. Устройство и принцип действия.
6. Герконовые реле с памятью. Преимущества и недостатки герконов.

7. Релейный режим работы полупроводникового усилителя. Двухкаскадные усилители. Влияние параметров на характеристики полупроводниковых реле.
8. Транзисторные логические элементы.
9. Операционные усилители. Применение.
10. Применение оптопар в электрических аппаратах.

### Лабораторная работа №3:

1. Сравните скоростные (электромеханические) характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.
2. Опишите процесс регулирования скорости: а) при изменении регулировочного сопротивления в цепи якоря  $R_{pa}$  при  $M_c = \text{const}$ . б) при изменении регулировочного сопротивления в цепи возбуждения  $R_{pb}$  при  $M_c = \text{const}$ .
3. Зависит ли ток якоря двигателя независимого возбуждения при  $M_c = \text{const}$ : а) от напряжения  $U_a$ ; б) от сопротивления в цепи якоря  $R_a$  в) от сопротивления в цепи возбуждения  $R_b$ ?
4. Зависит ли ток якоря двигателя параллельного возбуждения при  $M_c = \text{const}$ ; а) от напряжения  $U_c$ ; б) от сопротивления в цепи якоря  $R_a$ ; в) от сопротивления в цепи возбуждения  $R_b$ ?
5. От чего зависит скорость холостого хода двигателя независимого возбуждения? Как она изменится при трех способах регулирования скорости?
6. Почему двигатель последовательного возбуждения нельзя пускать в ход без нагрузки?
7. Рассмотрите процесс преобразования энергии в генераторном и двигательном режимах машин постоянного тока. Для обоих режимов запишите уравнение баланса мощности.
8. Выведите уравнение электрического состояния якорной цепи генератора и двигателя постоянного тока. На электрических схемах генератора и двигателя независимого возбуждения показать направление напряжения  $U$ , ЭДС  $E$  и тока якоря  $I_a$ .
9. Провести анализ влияния изменения полярности напряжений  $U$  и  $U_a$  на величину и направление напряжения  $U$ , ЭДС  $E$  и тока якоря  $I_a$ , электромагнитного момента  $M_{эм}$  для генератора и двигателя постоянного тока.
10. Изобразите внешние характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения. Объясните их различие.

### Лабораторная работа №4:

1. Начертить Т-образную и точную Г-образную схемы замещения.
2. Для чего Т-образную схему замещения преобразуют в Г-образную?
3. Каким образом опытным путем у асинхронного двигателя определяются параметры схемы замещения?
4. Зависит ли синхронная скорость асинхронной машины от напряжения  $U_1$ , момента на валу, числа пар полюсов?
5. Какое влияние высшие гармонические МДС могут оказать на кривую  $M = f(S)$ ?
6. При каком соотношении параметров пусковой момент достигает максимального?
7. От каких величин зависит максимальный момент и критическое скольжение?

8. Объяснить повышение энергетических показателей (КПД и  $\cos \varphi$ ) при понижении напряжения в области малых нагрузок.

9. Опишите последовательность процессов в асинхронном двигателе при изменении нагрузки на валу.

10. По каким экспериментальным данным строят упрощенную круговую диаграмму?

**Перечень лабораторных работ**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Оснащение</b>	<b>Кол-во часов</b>
1	Лабораторная работа №1. Изучение конструкции и свойств электромагнитных реле постоянного и переменного тока	Math Works-MATLAB, Simulink 2013b	4
2	Лабораторная работа №2. Изучение конструкции и свойств герконового реле, реле времени и поляризованного реле	Math Works-MATLAB, Simulink 2013b	4
3	Лабораторная работа №3. Исследование двигателей постоянного тока и снятие электромеханических и механических характеристик	Math Works-MATLAB, Simulink 2013b	6
4	Лабораторная работа №4. Исследование двигателей переменного тока и снятие электромеханических и механических характеристик	Math Works-MATLAB, Simulink 2013b	4
Итого аудиторных часов			18