

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/  
« 15 » \_\_\_\_\_ 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки»**

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 «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» 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:

 А.С. Маклаков

Программа дисциплины «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» 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» 7 2022 г. протокол № 1

Заведующий кафедрой

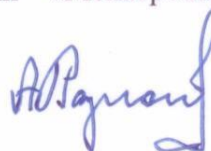
доцент, к.т.н.



/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 2022 г.

 /А.А. Пузанов/

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения.

Председатель комиссии  /А.А. Пузанов/

«13» 09 2022 г. Протокол: № 19-22

Присвоен регистрационный номер:	15.04.04.01/01.2022.20
---------------------------------	------------------------

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

### **1.1. Цели дисциплины**

Основной целью освоения дисциплины «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» является приобретение теоретических, практических знаний и навыков в области систем управления электроприводами и силовыми полупроводниковыми преобразователями.

### **1.2. Задачи дисциплины**

К основным задачам освоения дисциплины «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» следует отнести:

- изучение особенностей разработки систем управления электроприводами;
- изучение принципов действия силовых полупроводниковых преобразователей электрической энергии постоянного и переменного тока в составе мехатронных систем, режимов работы и характеристик.

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

Дисциплина «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» 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:*

- Интеллектуальные системы управления

*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.	<b>Знать:</b> - методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода <b>Уметь:</b> - правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом <b>Владеть:</b> - навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
<i>Аудиторные занятия:</i>	72	72
Лекции (Л)	36	36
Лабораторные занятия	18	18
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	18	18
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	144	144
Подготовка к экзамену	18	18
Подготовка к лабораторным работам	16	16
Подготовка к практическим работам	16	16
Выполнение и подготовка к защите семестровой работы	94	94
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	Экзамен

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

#### Содержание разделов дисциплины

##### Третий семестр

## **Тема 1. Определение и функции систем управления электроприводов (СУЭП). Диодные выпрямители.**

Определение СУЭП. Основные и вспомогательные функции СУЭП. Цели, задачи и содержание дисциплины. Понятие «Система силовой преобразовательной техники». Классификация силовых полупроводниковых преобразователей по способу преобразования электрической энергии. Основная элементная база силовой преобразовательной техники. Области применения. Определение структурной, функциональной и принципиальной схем, примеры. Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-э.д.с.

## **Тема 2. Типовые узлы простых релейно-контакторных схем. Тиристорные преобразователи.**

Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с заданием времени. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле времени, описание работы схемы. Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя. Принципы регулирования момента в типовых узлах простых схем. Принцип работы и основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и противо-э.д.с. Реверсивный тиристорный преобразователь.

## **Тема 3. Системы автоматического регулирования (САР) электроприводов с преобразователями частоты.**

Понятие системы автоматического регулирования (САР). Функциональная модель, математическое описание и структурная схема САР. Основные формулы перехода от циклограммы к структурным формулам: условия включения и отключения, необходимые условия справедливости структурной формулы. Автономный инвертор напряжения (АИН). Принцип работы, основные характеристики и особенности работы на активно-индуктивную нагрузку и противо-э.д.с. Синусоидальная ШИМ. Коэффициент модуляции. Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией.

## **Тема 4. Векторное и скалярное управление. Защиты электроприводов.**

Этапы синтеза векторных и скалярных систем управления. Понятие синхронизации. Многопульсные силовые схемы подключения силовых полупроводниковых преобразователей. Многоуровневые преобразователи. Управление синхронными и асинхронными двигателями. Системы защиты преобразователей. Расчет аварийных токов в различных режимах. Требования к защите и защитной аппаратуре. Системы защит от аварийных токов. Выбор предохранителей, автоматических выключателей. Системы, схемы и средства защиты от перенапряжений

## **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» 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 практических и лабораторных работ с помощью специализированного программного обеспечения;
- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов семестровой работы;
- технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать 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 «Электротехника и электроника» 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:

### **В третьем семестре**

- защита практических и лабораторных работ;
- выполнение и защита семестровой работы;
- экзамен.

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).

<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>знать:</b> методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода. 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: методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода. Допускаются незначительные ошибки, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

<p><b>уметь:</b> правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом. 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: правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом. 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: правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов</p>	<p>Обучающийся владеет навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>

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

Форма промежуточной аттестации: экзамен.



Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена 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 оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена 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 экзамена 2 часа (120 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, практические работы и семестровую работу)

Шкала оценивания	Описание
Отлично	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.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	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. Усынин, Ю. С. Системы управления электроприводов [Текст] учеб. пособие Ю. С. Усынин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 358 с. ил.

2. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467> (дата обращения: 07.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Силовая полупроводниковая элементная база. Технология производства. Конструктивные решения : учебное пособие / В. Я. Фролов, А. М. Сурма, К. Н. Васерина, А. А. Черников. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-3507-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115497> (дата обращения: 07.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Фираго, Б. И. Векторные системы управления электроприводами : учебное пособие / Б. И. Фираго, Д. С. Васильев. — Минск : Вышэйшая школа, 2016. — 159 с. — ISBN 978-985-06-2624-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/92474> (дата обращения: 20.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Усынин, Ю. С. Сборник задач по курсу "Системы управления электроприводов" [Текст] учеб. пособие Ю. С. Усынин, М. А. Григорьев, Н. Ю. Сидоренко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 30,[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 и практических 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 студентов направлена на решение следующих задач:

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 экзамену.

#### **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- выполнение семестровой работы;
- подготовка к лабораторным и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;
- оформление отчетов по выполненным практическим 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 3**

Программа для моделирования Math Works-MATLAB, Simulink 2013b. Основные характеристики трехфазного мостового автономного инвертора напряжения. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на различные виды нагрузки. Типы САР в зависимости от технологической программы и используемой элементной базы. Вспомогательные функции СУЭП. Нелинейные системы.

#### **9. 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 практическим и семинарским занятиям.

При подготовке **к лабораторным и практическим 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) **«Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки»**.

#### **Приложение к рабочей программе:**

1. Структура и содержание дисциплины
2. Аннотация рабочей программы дисциплины
3. Пример экзаменационного билета
4. Фонд оценочных средств
5. Тематика лабораторных и практических работ

Приложение 1 к рабочей программе

**Структура и содержание дисциплины «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» 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 защите пр. и лаб. работ	Под. к экзамену	Выполнение семестровой. раб.	Э	З/ДЗ	КР/КП
<b>Третий семестр</b>														
1	<b>Определение и функции систем управления электроприводов (СУЭП). Диодные выпрямители.</b> Определение СУЭП. Основные и вспомогательные функции СУЭП. Цели, задачи и содержание дисциплины. Понятие «Система силовой преобразовательной техники».	3	1	2			2				2			
2	Практическая работа №1. Общие сведения об электроприводах с управлением по жесткой	3	1		2		2		2		2			

	программе. Релейно-контакторные СУЭП.													
3	Классификация силовых полупроводниковых преобразователей по способу преобразования электрической энергии.	3	2	2			2				2			
4	Основная элементная база силовой преобразовательной техники. Области применения.	3	2											
5	Лабораторная работа №1. Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.	3	3			2	4		2		2			
6	Определение структурной, функциональной и принципиальной схем электропривода, примеры.	3	3	2			2				2			
7	Защита практической работы №1.	3	4		2		4		2		2			
8	Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-э.д.с.	3	4	2			2				2			
9	Защита лабораторной работы №1.	3	5			2	4		2					
10	<b>Типовые узлы простых релейно-контакторных схем.</b> <b>Тиристорные преобразователи</b> Схема управления пуском и	3	5	2			2				2			

	динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с заданием времени.												
11	Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле времени, описание работы схемы.	3	6	2									
12	Практическая работа №2. Методики расчета разомкнутых систем управления электроприводами постоянного тока	3	6	2		4		2		2			
13	Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя.	3	7	2			2			2			
14	Лабораторная работа №2. Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.	3	7			2	4		2		2		
15	Принципы регулирования момента в типовых узлах простых схем..	3	8	2			2			2			
16	Защита практической работы №2.	3	8		2		6		2		4		
17	Определение структурной, функциональной и принципиальной схем, примеры. Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-	3	9	2			4			4			

	э.д.с.													
18	Защита лабораторной работы №2.	3	9			2	6		2		4			
19	<b>Системы автоматического регулирования (САР) электроприводов с преобразователями частоты.</b> Понятие системы автоматического регулирования (САР). Функциональная модель, математическое описание и структурная схема САР.	3	10	2			4				4			
20	Практическая работа №3. Расчет и выбор параметров преобразователя частоты для системы частотного регулирования	3	10		2		6		2		4			
21	Основные формулы перехода от циклограммы к структурным формулам. Принцип работы, основные характеристики и особенности работы на активно-индуктивную нагрузку и противо-э.д.с.	3	11	2			4				4			
22	Лабораторная работа №3. Исследование активного выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-э.д.с.	3	11			2	6		2		4			
23	Синусоидальная ШИМ. Коэффициент модуляции. Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией.	3	12	2			4				4			



24	Защита практической работы №3.	3	12		2		6		2		4			
25	Автономный инвертор напряжения (АИН).	3	13	2			4				4			
26	Защита лабораторной работы №3.	3	13			2	6		2		4			
27	<b>Векторное и скалярное управление. Защиты электроприводов</b> Этапы синтеза векторных и скалярных систем управления. Понятие синхронизации.	3	14	2			2				2			
28	Практическая работа №4. Расчет СУЭП постоянного тока с подчиненным регулирование координат	3	15		4		6		2		4			
29	Многопульсные силовые схемы подключения силовых полупроводниковых преобразователей. Многоуровневые преобразователи.	3	16	2			2		4		2			
30	Лабораторная работа №4. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.	3	16			4	6		2		4			
31	Управление синхронными и асинхронными двигателями. Системы защиты преобразователей. Расчет аварийных токов в различных режимах.	3	17	2			2				2			
32	Защита практической работы №4.	3	17		2		6		2		4			
33	Требования к защите и защитной аппаратуре. Системы защит от аварийных токов. Выбор предохранителей, автоматических	3	18	2			8		4		4			

	выключателей. Системы, схемы и средства защиты от перенапряжений.													
34	Защита лабораторной работы №4.	<b>3</b>	<b>18</b>			<b>2</b>	<b>6</b>		<b>2</b>		<b>4</b>			
	Промежуточная аттестация	<b>3</b>	<b>19-21</b>				<b>18</b>			<b>18</b>		<b>Э</b>		
	Всего часов по дисциплине во втором семестре			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>144</b>		<b>32</b>	<b>18</b>	<b>94</b>			
	Итого часов по дисциплине			<b>216</b>										

## Аннотация программы дисциплины

### Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки

#### 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 «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» является приобретение теоретических, практических знаний и навыков в области систем управления электроприводами и силовыми полупроводниковыми преобразователями.

#### 2. Задачи дисциплины

К основным задачам освоения дисциплины «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» следует отнести:

- изучение особенностей разработки систем управления электроприводами;
- изучение принципов действия силовых полупроводниковых преобразователей электрической энергии постоянного и переменного тока в составе мехатронных систем, режимов работы и характеристик.

#### 3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки» 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:*

- Интеллектуальные системы управления

*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:**

- методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода

**уметь:**

- правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом

**владеть:**

- навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов

## 5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216	
<i>Аудиторные занятия:</i>	72	72	
Лекции (Л)	36	36	
Лабораторные занятия	18	18	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	18	18	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	144	144	
Подготовка к экзамену	18	18	
Подготовка к лабораторным работам	16	16	
Подготовка к практическим работам	16	16	
Выполнение и подготовка к защите семестровой работы	94	94	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	Экзамен	

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**

**Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки**

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:  
перечень вопросов к экзамену  
семестровая работа (примеры тем, задание на семестровую работу, план выполнения,  
типовые вопросы к защите)  
типовые вопросы к защите практических и лабораторных работ

**Составители:**

**доц., к.т.н. Маклаков А.С.**

Москва, 2022 год

## Показатель уровня сформированности компетенций

Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки					
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> методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода</p> <p><b>уметь:</b> правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом</p> <p><b>владеть:</b> навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов</p>	лекция, практические работы, лабораторные работы, самостоятельная работа	Защита практических и лабораторных работ, Экзамен	<p><b>Базовый уровень:</b> Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих <b>знаний:</b> методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода; <b>умений:</b> правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы управления электроприводом; <b>навыками:</b> навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих <b>знаний:</b> методы синтеза систем автоматического управления координат автоматизированного электропривода; <b>умений:</b> правильно и рационально составлять техническое задание на проектирование системы</p>

					управления электроприводом; <b>навыками:</b> навыками использования современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых электроприводов
--	--	--	--	--	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Практические работы	Практическая 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 практической работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о практической работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему практической работы. Далее проводится защита отчёта каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса)..	Задания для защиты практических работ
2	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
3	Семестровая работа	Обучающийся в течение семестра самостоятельно выполняет ряд заданий в соответствие с методическим указанием к семестровой работы. Семестровая работа оценивается по 5 бальной шкале. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. Далее проводится защита семестровой работы каждого студента индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).	Задания для выполнения семестровой работы

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.



### Перечень вопросов к экзамену

Текст вопроса	Код компетенции
1. Вольт-амперная характеристика силового диода, основные характеристики.	ПК-5
2. Основные характеристики однофазной однополупериодной схемы выпрямления.	ПК-5
3. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на активную нагрузку.	ПК-5
4. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
5. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на емкостную нагрузку.	ПК-5
6. Основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления.	ПК-5
7. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную нагрузку.	ПК-5
8. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
9. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на емкостную нагрузку.	ПК-5
10. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на "противо-эдс."	ПК-5
11. Структура системы импульсно-фазового управления.	ПК-5
12. Назначение основных функциональных блоков системы импульсно-фазового управления.	ПК-5
13. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.	ПК-5
14. Фазовые характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.	ПК-5
15. Требования, предъявляемые к системе импульсно-фазового управления.	ПК-5
16. Вольт-амперная характеристика тиристора. Основные параметры.	ПК-5
17. Параметры, характеризующие предельные возможности тиристора.	ПК-5
18. Переходный процесс открытия и закрытия тиристора.	ПК-5
19. Основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления.	ПК-5
20. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на активную нагрузку.	ПК-5
21. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
22. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на емкостную нагрузку.	ПК-5
23. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на "противо-эдс."	ПК-5
24. Режим непрерывного, граничного и прерывистого тока.	ПК-5
25. Внешняя характеристика нереверсивного и реверсивного тиристорного преобразователя по трехфазной мостовой схеме выпрямления.	ПК-5
26. Принцип работы, разновидности и основные характеристики полностью управляемых полупроводниковых ключей.	ПК-5
27. Силовая схема трехфазного мостового автономного инвертора	ПК-5

напряжения.	
28. Принцип базового закона коммутации.	ПК-5
29. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).	ПК-5
30. Однополярная и биполярная ШИМ.	ПК-5

### Семестровая работа (СР)

Тему семестровой работы студент получает по заданию преподавателя.

#### Задание на семестровую работу

Расчет и выбор преобразователя частоты. Расчет и выбор автономного инвертора напряжения. Расчет и выбор полупроводниковых модулей IGBT для инвертора напряжения. Расчет и выбор активного выпрямителя напряжения. Расчет и выбор полупроводниковых модулей IGBT для активного выпрямителя. Расчет фильтра звена постоянного тока. Выбор силового трансформатора. Выбор силовых фильтров. Расчет и построение основных характеристик.

#### Типовые вопросы на защите

1. Как выбирается преобразователь частоты для электропривода?
2. Чем обоснован выбор активного выпрямителя напряжения?
3. Какой способ управления двигателем используется? Поясните его принцип.
4. Как выбраны защиты электропривода?
5. Каким образом управляются полностью управляемые полупроводниковые модули?
6. Какие допущения принимаются при создании схем замещения?
7. Как учитывается ВАХ диодов при создании схем замещения?
8. Какие возможны виды нагрузок выпрямителя?
9. Как и зачем строятся временные диаграммы токов и напряжений?
10. Назовите основные величины, используемые при описании работы выпрямителей.
11. Назовите режимы работы выпрямителя и их отличия.
12. Какова частота пульсаций в различных схемах выпрямления?
13. Почему и как влияет характер нагрузки на форму токов в выпрямителе?
14. Как определяются основные соотношения между токами и напряжениями в схемах выпрямления?
15. Пояснить назначение блоков виртуальной модели, имитирующей трёхфазный диодный выпрямитель.

#### Типовые вопросы к защите практических работ

##### Практическая работа №1:

1. Классификация систем управления электроприводами (СУЭП).
2. Основные принципы построения систем управления пуском, торможением реверсом.

3. Синтез системы управления пуском двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции времени.
4. Синтез системы управления пуском ДПТ в функции скорости (ЭДС).
5. Синтез системы управления пуском ДПТ в функции тока.

### **Практическая работа №2:**

1. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению.
2. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости.
3. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению.
4. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с комбинацией обратных связей: положительной по току и отрицательной по напряжению.
5. Анализ статических характеристик СУЭП постоянного тока с комбинацией обратных связей: положительной по току и отрицательной по скорости.

### **Практическая работа №3:**

1. Схемы замещения асинхронного двигателя при питании от источников напряжения и тока.
  2. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода.
  4. Разомкнутые системы частотного управления.
  5. Скалярное управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода.
- Замкнутые системы частотного управления: Частотно-токовое управление
6. Особенности построения и настройки регуляторов.

### **Практическая работа №4:**

1. Стандартные настройки систем подчиненного регулирования (СПР)
2. Синтез параметров регулятора контура тока СПР, понятие малой постоянной времени, допущения, принимаемые при синтезе
3. Синтез параметров регулятора контура скорости однократно интегрирующей двухконтурной СПР
4. Синтез параметров регулятора контура скорости двукратно интегрирующей двухконтурной СПР
5. Статическая просадка скорости в однократно интегрирующей и двукратно интегрирующей двухконтурной СПР

## **Типовые вопросы к защите лабораторных работ**

### **Лабораторная работа №1:**

1. По каким признакам классифицируются выпрямители?
2. Какова наиболее полная структурная схема выпрямителя и почему она может упрощаться?
3. Какие схемы применяются для выпрямления однофазного тока?
4. Как работают однофазные и трёхфазные схемы выпрямления?

5. Какие допущения принимаются при анализе схем выпрямления?

### Лабораторная работа №2:

1. Структура системы импульсно-фазового управления.
2. Назначение основных функциональных блоков системы импульсно-фазового управления.
3. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.
4. Фазовые характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.
5. Требования, предъявляемые к системе импульсно-фазового управления.

### Лабораторная работа №3:

1. Назовите основные трехфазные схемы выпрямления.
2. Какова частота пульсации выпрямленного напряжения в изучаемых схемах?
3. Что такое внешняя характеристика? От каких параметров зависит её наклон в непрерывном режиме?
4. Что такое угол регулирования? В чём отличие угла регулирования от угла проводимости? От какой точки отсчитывается угол регулирования на временных диаграммах входного напряжения выпрямителя при  $m = 2, 3$  и  $6$ ?
5. Что такое регулировочная характеристика управляемого выпрямителя? Почему при  $L_{нагр} \rightarrow \infty$  регулировочные характеристики для различных схем выпрямления имеют одинаковый вид?

### Лабораторная работа №4:

1. Силовая схема трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.
2. Принцип базового закона коммутации.
3. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).
4. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на активно-индуктивную нагрузку.
5. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на емкостную нагрузку.

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

Факультет Машиностроения

**Кафедра «Автоматика и управление»**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**  
для проведения экзамена по дисциплине

**«Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки»**

Теоретические вопросы

1. Вольт-амперная характеристика силового диода, основные характеристики.
2. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную нагрузку.
3. Вольт-амперная характеристика тиристора. Основные параметры.
4. Однополярная и биполярная ШИМ.
5. Какие основные функции выполняют СУЭП?

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры.

Протокол от « » \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

Зав. каф. «Автоматика и управление» \_\_

А.В. Кузнецов

**Перечень практических работ**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Оснащение</b>	<b>Кол-во часов</b>
1	Практическая работа №1. Общие сведения об электроприводах с управлением по жесткой программе. Релейно- контакторные СУЭП.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	4
2	Практическая работа №2. Методики расчета разомкнутых систем управления электроприводами постоянного тока	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	4
3	Практическая работа №3. Расчет и выбор параметров преобразователя частоты для системы частотного регулирования.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	4
4	Практическая работа №4. Расчет СУЭП постоянного тока с подчиненным регулирование координат.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	6
Итого аудиторных часов			18

**Перечень лабораторных работ**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Оснащение</b>	<b>Кол-во часов</b>
1	Лабораторная работа №1. Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	4
2	Лабораторная работа №2. Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	4
3	Лабораторная работа №3. Исследование активного выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	4
4	Лабораторная работа №4. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.	Math Works- MATLAB, Simulink 2013b	6
Итого аудиторных часов			18