



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА

Направление подготовки (специальность)
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Современный автоматизированный электропривод в производственных и технических системах

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

17.01.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой

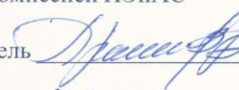


А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры АЭПиМ, д-р техн. наук



Е.Я. Омельченко

Рецензент:

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. наук

А.Ю. Юдин



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Регулируемый электропривод постоянного тока» являются развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Задачами дисциплины являются: – усвоение студентами:

- общих сведений о современном состоянии регулируемого электропривода постоянного тока;
- теоретических и практических навыков по выбору, расчету и настройке компонентов современного регулируемого электропривода постоянного тока;
- теоретических и практических навыков наладки систем управления, реализованных в современных регулируемых электроприводах постоянного тока.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Регулируемый электропривод постоянного тока входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

- Микропроцессорные средства в электроприводах и технологических комплексах
- Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации
- Моделирование электротехнических комплексов и систем

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

- Микропроцессорные средства в электроприводах и технологических комплексах
- Производственная - научно-исследовательская работа
- Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
- Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
- Производственная-преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Регулируемый электропривод постоянного тока» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способность осуществлять контроль изготовления, испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода
ПК-4.1	Осуществляет контроль изготовления, испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 академических часов;
- аудиторная – 54 академических часов;
- внеаудиторная – 3,2 академических часов;
- самостоятельная работа – 123,1 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение Основные понятия и определения. Современный электропривод постоянного тока и направления его развития								
1.1 1.1 Современный электропривод постоянного тока и направления его развития	2	1	4			Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос	ПК-4.1
Итого по разделу		1	4					
2. Исследование различных САР электропривода по системе ТП-Д								
2.1 Расчет параметров контурных регуляторов в системе ТП-Д.	2	1	2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.2 Исследование однозонной САР скорости электродвигателя			2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.3 Исследование САР двухзонного регулирования скорости электродвигателя.			2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.4 Исследование позиционной САР электропривода постоянного тока.			8		8,4	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		1	14		32,4			
3. Тиристорный преобразователь (ТП)								
3.1 Схемы выпрямления, особенности работы на различные виды нагрузки	2	1	2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

3.2 Характеристики и энергетические показатели тиристорных преобразователей. Тиристорный преобразователь как динамическое звено системы электропривода			2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
3.3 Статические и динамические характеристики системы ТП-Д.			2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
3.4 Система тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д). Характеристики системы ТП-Д. Способы регулирования скорости двигателя в системе			4		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу	1	10			32			
4. Параметрирование ТП с микропроцессорным управлением. Передача информации между несколькими работающими								
4.1 Изучение программы Drive Monitor для работы с преобразователями фирмы Siemens		1			8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.2 Параметрирование тиристорного преобразователя с микро-процессорной системой регулирования. Формирование различных воздействий на входе системы управления электроприводом.	2	4	2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.3 Применение свободных функциональных блоков, входящих в состав преобразователя		4	2		8	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу	9	4			24			
5. Тиристорные преобразователи с микропроцессорной системой управления								
5.1 Системы управления электроприводом и защиты, реализуемые в тиристорных преобразователях		3			10,7	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
5.2 Перегрузочная способность ТП и особенности работы электропривода с изменяемым моментом нагрузки	2				12	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

5.3 Параллельная работа ТП. Входы и выходы микропроцессорных схем управления ТП. Особенности формирования сигналов управления в микропроцессорной системе ТП.	3	4		12	Изучение вопросов теории по литературе	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу	6	4		34,7			
Итого за семестр	18	36		123,1		экзамен	
Итого по дисциплине	18	36		123,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Регулируемый электропривод постоянного тока» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Регулируемый электропривод постоянного тока» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме и в форме лекций-консультаций. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Пашков, Е.В. Автоматизация в промышленности: Практикум. В 4 ч. Ч. III. Автоматизированный электропривод и моделирование мехатронных модулей движения [Электронный ресурс] / Е.В. Пашков, А.Н. Круговой, В.А. Крамарь, Л.Л. Беляева, В.В. Альчаков; под ред. Е.В. Пашкова. - Севастополь: СевНТУ, 2011. - 225 с., ил. - ISBN 978-617-612-011-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/526410> (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гушинский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210941> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Соломин, В. А. Электрические машины : учебное пособие : в 3 частях / В. А. Соломин. — Ростов-на-Дону : РГУПС, [б. г.]. — Часть 2 : Машины постоянного тока — 2021. — 88 с. — ISBN 978-5-88814-911-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/220139> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Никитенко, Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1468-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211190> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink : учебно-методическое пособие / С. Г. Герман-Галкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1520-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213260> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фролов, Ю. М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу : учебное пособие для вузов / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-8201-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173122> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (123М, 227М, 023М):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
- комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (023М, 139М):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
- комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

Помещения для самостоятельной работы (227а, 139М, 023М):

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Приложение 1.

Тестовые вопросы по проведению самостоятельной работы при подготовке к лабораторным работам

1. Какие особенности присущи тиристорному преобразователю (ТП), как динамическому звену системы электропривода?
2. Какая передаточная функция ТП принимается при исследовании динамических свойств системы электропривода?
3. Какие параметры определяют величину постоянной времени ТП?
4. От чего зависит величина коэффициента передачи ТП? В каком случае коэффициент остается постоянным, а в каком переменным?
5. Как рассчитать параметры ТП?
6. Какие допущения принимаются при выводе структурной схемы электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ)?
7. Как получить структурную схему электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения?
8. Какие управляющие и возмущающие воздействия можно выделить для ДПТ?
9. Какие факторы определяют быстродействие якорной цепи ДПТ?
10. Какие факторы определяют быстродействие электромеханического преобразования в ДПТ?
11. Как определить передаточную функцию ДПТ по управляющему воздействию?
12. Как получить передаточную функцию ДПТ по возмущающему воздействию?
13. Что влияет на коэффициент демпфирования ДПТ?
14. В каком случае переходные процессы в ДПТ носят колебательный характер?
15. В каком случае переходные процессы в ДПТ апериодические?
16. Как рассчитать параметры якорной цепи ДПТ?
17. Как рассчитать параметры электромеханического преобразователя ДПТ?
18. Как определить корни характеристического уравнения ДПТ?

Вопросы по САР электропривода постоянного тока

1. Принципы оптимизации в системах подчиненного регулирования координат.
2. Расчет передаточных функций регуляторов.
3. Порядок настройки контура регулирования якорного тока.
4. Порядок настройки контура регулирования скорости.
5. Логарифмические частотные характеристики при модульном и симметричном оптимумах
6. Влияние параметров САР на статические и динамические свойства системы.
7. Структурная схема двухконтурной САР скорости.
8. Ограничение координат и производных в системах подчиненного регулирования координат.
9. Оценка качества статических и динамических свойств замкнутой системы.
10. Пуск под «отсечку» на холостом ходу и под нагрузкой.
11. Пуск от ЗИ в системах регулирования с П – РС и ПИ- РС.
12. Реакция системы регулирования скорости с П – РС и ПИ- РС на наброс нагрузки.
13. Особенности работы схемы двухзонного регулирования скорости.
14. Осуществление автоматического разделения зон регулирования.
15. Особенности настройки контура регулирования тока возбуждения, структурная схема контура регулирования тока возбуждения и потока двигателя.
16. Настройка датчика ЭДС двигателя.
17. Оценка качества динамических свойств системы двухзонного регулирования скорости.

18. Компенсация нелинейностей, связанных с двухзонным регулированием.
19. Особенности работы системы двухзонного регулирования при пуске под отсечку и от задатчика интенсивности.
20. Структурная схема трехконтурной системы регулирования.
21. Особенности работы позиционной САР при малых, средних и больших перемещениях.
22. Фазовые характеристики при отработке перемещений.
23. Оценка качества статических и динамических свойств позиционной САР.

6.2 Контрольные вопросы для подготовки к экзамену

1. Принцип построения систем подчиненного регулирования с последовательной коррекцией, выбор передаточной функции регулятора для получения оптимальных переходных процессов
2. Контур регулирования якорного тока, настройка на получение оптимального переходного процесса
3. Ограничение координат в системах подчиненного регулирования
4. Ограничение ускорения в системах подчиненного регулирования
5. Необходимость компенсации влияния противо ЭДС электродвигателя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, принципы компенсации.
6. Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение адаптивного регулятора тока якоря.
7. Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение двойного регулятора тока якоря.
8. Система подчиненного регулирования с П – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.
9. Система подчиненного регулирования с ПИ – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.
10. Система подчиненного регулирования положением механизма, принцип работы, статические и динамические характеристики.
11. Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования скорости, необходимость применения множителем – делительных и делительных устройств, статические и динамические характеристики.
12. Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования ЭДС электродвигателя, необходимость применения делительных устройств, статические и динамические характеристики.
13. В чем заключается отличие позиционных систем от следящих;
14. Какие основные режимы работы отрабатывает позиционный электропривод?
15. Как происходит отработка малых перемещений?
16. Как происходит отработка средних перемещений?
17. Как происходит отработка больших перемещений?
18. С какой целью реализуется нелинейный регулятор положения?
19. Что влияет на точность позиционирования?
20. Как обеспечить заданную точность позиционирования?

Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной и итоговой аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства 2.1:
ПК-4: Способность осуществлять контроль изготовления, испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода		
ПК-4.1	Осуществляет контроль изготовления, испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие особенности присущи тиристорному преобразователю (ТП), как динамическому звену системы электропривода? 2. Какая передаточная функция ТП принимается при исследовании динамических свойств системы электропривода? 3. Какие параметры определяют величину постоянной времени ТП? 4. От чего зависит величина коэффициента передачи ТП? В каком случае коэффициент остается постоянным, а в каком переменным? 5. Как рассчитать параметры ТП? 6. Какие допущения принимаются при выводе структурной схемы электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ)? 7. Как получить структурную схему электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения? 8. Какие управляющие и возмущающие воздействия можно выделить для ДПТ? 9. Какие факторы определяют быстродействие якорной цепи ДПТ? 10. Какие факторы определяют быстродействие электромеханического преобразования в ДПТ? 11. Как определить передаточную функцию ДПТ по управляющему воздействию? 12. Как получить передаточную функцию ДПТ по возмущающему воздействию? 13. Что влияет на коэффициент демпфирования ДПТ? 14. В каком случае переходные процессы в ДПТ носят колебательный характер? 15. В каком случае переходные процессы в ДПТ апериодические? 16. Как рассчитать параметры якорной цепи ДПТ? 17. Как рассчитать параметры электромеханического преобразователя ДПТ? 18. Как определить корни характеристического уравнения ДПТ?

--	--	--

Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Изучение учебной дисциплины «Регулируемый электропривод постоянного тока» завершается экзаменом.

Экзамен по данной дисциплине проводится в письменной форме с последующим устным собеседованием. Экзаменационный билет содержит 2 теоретических и 1 практический вопрос.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– **на оценку «отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– **на оценку «хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– **на оценку «удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– **на оценку «неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– **на оценку «неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.