



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
03.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Направление подготовки (специальность)
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профили/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	2
Семестр	3

Магнитогорск
2026 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 29.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 29.01.2026 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена: доцент кафедры АЭПиМ, к.т.н.  А.А. Мурзиков

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ПАО "ММК" по электроприводу, к.т.н.  А.Ю. Юдин



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 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 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Регулируемый электропривод переменного тока» является рассмотрение теории и практики современного автоматизированного электропривода переменного тока, тенденции его развития.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Регулируемый электропривод переменного 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:

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Микропроцессорные средства в электроприводах и технологических комплексах

Регулируемый электропривод постоянного тока

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

Автоматизированный электропривод Shneider Electric

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - научно-исследовательская работа

Производственная-преддипломная практика

Производственная - проектная практика

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Регулируемый электропривод переменного 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 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 123 акад. часов;
- аудиторная – 119 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 93,3 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 10 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. 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 переменного тока и направления его развития. Преобразователи частоты в электроприводе.								
1.1 Современный электропривод переменного тока и направления его развития. Преобразователи частоты в электроприводе.	3	2	4		4	Изучение вопросов теории по литературе	ПК-4.1	
Итого по разделу		2	4		4			
2. Электромеханические свойства асинхронного двигателя (АД) .Структурная схема асинхронного двигателя как объекта регулирования								
2.1 Статические характеристики АД при различных законах регулирования скорости $U_1/f_1 = \text{const}$, $\Psi_m = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$, $\Pi = \text{const}$.	3	2	8		4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.2 Разомкнутые системы управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом		2	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.3 Принципы построения систем частотного регулирования скорости АД.		2	8		4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.4 Замкнутые системы скалярного управления асинхронным частотно - регулируемым		2	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

электроприводом								
2.5 Моделирование системы скалярного управления с обратной связью по току статора.	3	2	6		5,3	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.6 Исследование системы скалярного управления с обратной связью по скорости		2	5		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		12	39		37,3			
3. Системы векторного управления асинхронным электроприводом								
3.1 Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.	3	2	8		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
3.2 Исследование системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.		4	8		6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
3.3 Система управления моментом АД		2	4		6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		8	20		20			
4. Электромеханические свойства синхронного двигателя. Разработка структурной схемы синхронного двигателя как объекта регулирования								
4.1 1 Электромеханические свойства синхронного двигателя	3	3	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.2 Статические характеристики СД при $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$. Принципы частотного регулирования скорости и момента СД.		3	4		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.3 Моделирование системы автоматического регулирования координат СД.		2	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.4 Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя.		4	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		12	22		32			
Итого за семестр		34	85		93,3		экзамен	
Итого по дисциплине		34	85		93,3		экзамен	

5 Образовательные технологии

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

а) Основная литература:

1. Анучин, А. С. Системы управления электроприводов : учебник для вузов. / Анучин А. С. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01258-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012581.html>

2. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гуцинский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210938>

б) Дополнительная литература:

1. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для вузов / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под редакцией Ю. К. Розанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 206 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9440-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511459>

2. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод [Электронный ресурс] / Крылов Ю. А., Карандаев А. С., Медведев В. Н. СПб.: "Издательство: Лань, 2023. -176 с.

3. 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>

4. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гуцинский. — 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>

в) Методические указания:

1. Системы управления электроприводов. Преобразователи частоты Simovert : практикум [для вузов] / Е. Я. Омельченко, М. А. Зинченко, А. А. Мурзинов, В. В. Шохин ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. - 2-е изд. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2023. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/21176>. - ISBN 978-5-9967-2675-2. - Текст : непосредственный. - дата обращения: 27.03.2026

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
-----------------	------------	------------------------

MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
NI MultiSim Education	К-68-08 от 29.05.2008	бессрочно
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

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Персональные ЭВМ с набором специализированного программного обеспечения для моделирования, визуализации и программирования систем.
2. Лабораторные стенды частотно-регулируемых асинхронных и синхронных электроприводов на базе преобразователей частоты фирмы Siemens (Simovert Masterdrives Vector Control (2 шт.) и Sinamics (1 шт.)).
3. Комплект мультимедийного оборудования (а.023,027, 227).
4. Комплект мультимедийных презентаций по всем темам дисциплины.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Оформление отчетов и защита лабораторных работ по разделам:

Раздел 2.

Лабораторная работа №1. Статические характеристики АД при различных законах регулирования скорости $U_1/f_1 = \text{const}$, $\Psi_\mu = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$, $I_1 = \text{const}$.

Лабораторная работа №2 Разомкнутые системы управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом.

Лабораторная работа №3 Принципы построения систем управления АД.

Лабораторная работа №4. Замкнутые системы скалярного управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом.

Лабораторная работа №5 Моделирование системы скалярного управления с обратной связью по току статора.

Лабораторная работа №.6 Исследование системы скалярного управления с обратной связью по скорости

Раздел 3.

Лабораторная работа №7 Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД».

Лабораторная работа № 8 Исследование системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.

Лабораторная работа № 9 Система управления моментом АД в системе управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.

Раздел 4.

Лабораторная работа №10 Электромеханические свойства синхронного двигателя».

Лабораторная работа №11 Статические характеристики СД при $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$.

Принципы частотного регулирования скорости и момента СД.

Лабораторная работа № 12 Моделирование системы автоматического регулирования координат СД.

Лабораторная работа №13 Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя.

Лабораторная работа №14 Особенности схемы вентильного двигателя.

Лабораторная работа №15 Система управления электропривода с вентильным двигателем.

7.2 Контрольные вопросы по проведению самостоятельной работы по разделам

Раздел 1.

1. Как классифицируются преобразователи частоты?
2. Принцип действия различных типов преобразователей частоты.
3. В чем принципиальное отличие преобразователей частоты на основе инверторов напряжения и тока?
4. Перечислите достоинства и недостатки преобразователей частоты со звеном постоянного тока и с непосредственной связью.
5. В чем состоят недостатки преобразователей частоты на основе инверторов напряжения с ШИМ.
6. Особенности реализации моделей преобразователей частоты в среде Matlab_Simulink.
7. Как реализуются тормозные режимы АД в системе ПЧ-АД?
8. Способы получения рекуперативного торможения в системе ПЧ-АД.
9. Как программируются параметры преобразователей частоты фирмы Siemens (SimovertMasterdrives, VectorControl и Sinamiqs)?

10. Энергетические показатели различных типов преобразователей частоты.

Раздел 2.

1. Представьте качественный вид зависимостей магнитных потоков намагничивания, статора и ротора АД от его скольжения при различных соотношениях между напряжением и частотой питания статора двигателя.
2. Дать сравнительный анализ механических характеристик АД при различных соотношениях между напряжением и частотой питания статора двигателя.
3. В чем отличия механических характеристик АД при его питании от источников напряжения и тока?
4. Оцените области допустимых значений токов, напряжений, магнитных потоков и скорости АД при его частотном регулировании.
5. Как реализуется модель АД в среде Matlab_Simulink при его частотном регулировании?
6. Как программируются параметры АД в электроприводах фирмы Siemens (SimoverMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?
7. Как программируются разомкнутая САР ПЧ-АД в электроприводах фирмы Siemens (SimoverMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?
8. Как получить кривые переменных в электроприводе с помощью программы DriveMonitor?
9. Как программируются скалярная САР ПЧ-АД с обратными связями по току статора в электроприводах фирмы Siemens (SimoverMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?
10. Как программируются скалярная САР ПЧ-АД с обратной связью по скорости в электроприводах фирмы Siemens (SimoverMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?
11. Как реализуется модель разомкнутой и скалярной САР ПЧ-АД в среде Matlab_Simulink?
12. Оцените диапазоны частотного регулирования скорости АД в разомкнутой системе управления при различных зависимостях статического момента на валу АД от его скорости.
13. Какие факторы влияют на выбор минимального и максимального значений частоты и напряжения на выходе преобразователя частоты?
14. Какие обратные связи способствуют увеличению жесткости механической характеристики асинхронного частотно-регулируемого электропривода? Дать сравнительную оценку различным способам стабилизации скорости АД.
15. Какими факторами ограничивается максимальный коэффициент положительной обратной связи по току статора АД в скалярной САР ПЧ-АД?
16. Определите для электропривода с ПИ-регулятором скорости скалярной САР ПЧ-АД характер изменения выходного напряжения регулятора скорости, частоты и напряжения на статоре двигателя, а также его скорости в функции момента на валу двигателя. Как они будут отличаться для двигателей с различными значениями номинальных скольжений?
17. Какими факторами ограничено применение разомкнутых систем с частотно-токовым управлением АД?

Раздел 3.

1. На примере векторной диаграммы основного потокосцепления и тока статора АД показать общность физических взаимосвязей в двигателе постоянного тока и АД.
2. Укажите особенности построения систем управления с ориентацией системы координат x, y по вектору потокосцепления статора и ротора.
3. Объясните назначение функциональных устройств А1...А12 и блоков ЭМФ и ИМ на функциональной схеме САР с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.
4. Как реализуется модель векторной САР с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД в среде Matlab_Simulink?
5. Построить и сравнить регулировочные характеристики асинхронного электропривода и диаграммы изменений частоты, напряжения, составляющих тока статора по осям x и y , магнитного потока ротора в функции сигнала управления скоростью АД в системе

управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД при отсутствии и наличии статической нагрузки на валу двигателя.

6. Построить и сравнить механические характеристики асинхронного электропривода и диаграммы изменения частоты, напряжения, составляющих тока статора по осям x и y , магнитного потока ротора в функции момента на валу АД в системе управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД при исходных заданных частотах выходного напряжения меньше и больше номинального их значения.

7. Оценить изменение механической характеристики электропривода в этой же системе управления при вариациях параметров регуляторов скорости, тока, уровней ограничения в блоках БО1, БО2.

Раздел 4.

1. От каких параметров СД зависит его перегрузочная способность и как её можно регулировать?

2. В чём состоят конструктивные различия между асинхронным и синхронным двигателями?

3. В каких электроприводах целесообразно применять синхронные двигатели с частотным регулированием скорости?

4. Как реализуется модель векторной САР ПЧ-СД среде Matlab_Simulink?

5. Как программируются векторная САР ПЧ-СД с обратной связью по скорости в электроприводах. Фирмы Siemens (Sinamics)?

6. В чем заключаются особенности системы управления синхронным двигателем с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-4: Способность осуществлять контроль изготовления, испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода		
ПК-4.1:	Осуществляет контроль изготовления, испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода	<p>Контрольные вопросы</p> <p>Раздел 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как классифицируются преобразователи частоты? 2. Принцип действия различных типов преобразователей частоты. 3. В чем принципиальное отличие преобразователей частоты на основе инверторов напряжения и тока? 4. Перечислите достоинства и недостатки преобразователей частоты со звеном постоянного тока и с непосредственной связью. 5. В чем состоят недостатки преобразователей частоты на основе инверторов напряжения с ШИМ. 6. Особенности реализации моделей преобразователей частоты в среде Matlab_Simulink. 7. Как реализуются тормозные режимы АД в системе ПЧ-АД? 8. Способы получения рекуперативного торможения в системе ПЧ-АД. 9. Как программируются параметры преобразователей частоты фирмы Siemens (SimovertMasterdrives.VectorControl и Sinamiqs)? 10. Энергетические показатели различных типов преобразователей частоты. <p>Раздел 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Представьте качественный вид зависимостей магнитных потоков намагничивания, статора и ротора АД от его скольжения при различных соотношениях между напряжением и частотой питания статора двигателя. 2. Дать сравнительный анализ механических характеристик АД при различных соотношениях между напряжением и частотой питания статора двигателя. 3. В чем отличия механических характеристик АД при его питании от источников напряжения и тока? 4. Оцените области допустимых значений токов, напряжений, магнитных потоков и скорости АД при его частотном регулировании. 5. Как реализуется модель АД в среде Matlab_Simulink при его частотном регулировании? 6. Как программируются параметры АД в электроприводах фирмы Siemens (SimovertMasterdrives.VectorControl и Sinamiqs)?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>7. Как программируются разомкнутая САР ПЧ-АД в электроприводах.фирмы Siemens (SimovertMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?</p> <p>8. Как получить кривые переменных в электроприводе с помощью программы DriveMonitor?</p> <p>9. Как программируются скалярная САР ПЧ-АД с обратными связями по току статора в электроприводах .фирмы Siemens (SimovertMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?</p> <p>10.Как программируются скалярная САР ПЧ-АД с обратной связью по скорости в электроприводах .фирмы Siemens (SimovertMasterdrives. VectorControl и Sinamiqs)?</p> <p>11. Как реализуется модель разомкнутой и скалярной САР ПЧ-АД в среде Matlab_Simulink?</p> <p>12. Оцените диапазоны частотного регулирования скорости АД в разомкнутой системе управления при различных зависимостях статического момента на валу АД от его скорости.</p> <p>13. Какие факторы влияют на выбор минимального и максимального значений частоты и напряжения на выходе преобразователя частоты?</p> <p>14. Какие обратные связи способствуют увеличению жесткости механической характеристики асинхронного частотно-регулируемого электропривода? Дать сравнительную оценку различным способам стабилизации скорости АД.</p> <p>15. Какими факторами ограничивается максимальный коэффициент положительной обратной связи по току статора АД в скалярной САР ПЧ-АД?</p> <p>16. Определите для электропривода с ПИ-регулятором скорости скалярной САР ПЧ-АД характер изменения выходного напряжения регулятора скорости, частоты и напряжения на статоре двигателя, а также его скорости в функции момента на валу двигателя. Как они будут отличаться для двигателей с различными значениями номинальных скольжений?</p> <p>17. Какими факторами ограничено применение разомкнутых систем с частотно-токовым управлением АД?</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень сформированности компетенций не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку **«хорошо»** – студент должен показать средний уровень сформированности компетенций не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать пороговый уровень сформированности компетенций на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.