Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.7 Электропривод переменного тока с частотным регулированием»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Электромеханические комплексы и их исследование
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.7 Электропривод переменного тока с частотным регулированием*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
наименование кафедры

протокол № 5 от "23" января 2026 г.

Заведующий кафедрой
автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
наименование кафедры *подпись* А.С. Безгин *расшифровка подписи*

Исполнители:

заведующий кафедрой А.С. Безгин
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Научный руководитель магистерской программы Э.Л. Греков
личная подпись *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству института
личная подпись С.А. Сильвашко *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Безгин А.С., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целями изучения дисциплины являются:

- получение знаний об устройстве, принципах действия, режимах работы современных полупроводниковых преобразователей энергии;
- получение знаний о свойствах, методиках настройки и построения структур скалярных и векторных систем управления частотно-регулируемыми электроприводами.

Для достижения поставленных целей предусматривается решение следующих основных **задач**:

1) **получения студентом представления**:

- о физических процессах, происходящих в силовых цепях электропривода, при коммутации управляющих ключей;
- о законах управления силовыми ключами, обеспечивающих круговое вращающееся магнитное поле в электрической машине;
- о основных принципах построения систем управления частотно-регулируемым электроприводом;
- о представления сигналов электродвигателя во вращающихся и в неподвижных координатах;

2) **приобретение студентом следующих знаний**:

- виды и классификация схем силовых цепей частотно-регулируемого электропривода;
- принципы регулирования частоты и уровня напряжения, поступающего на статорную обмотку двигателя;
- схемотехнические решения, защищающие силовые полупроводниковые ключи от перенапряжений;
- схемотехника и программная реализация основных узлов построения систем управления частотно-регулируемым электроприводом;
- методики настройки регуляторов основных координат скалярных и векторных систем управления;
- способы повышения электромагнитной совместимости полупроводникового преобразователя частоты с питающей сетью и электрическим двигателем.

3) **приобретение студентом умений**:

- выбирать узлы силовых цепей электропривода;
- рассчитывать параметры регуляторов основных координат скалярных и векторных систем управления;
- моделировать работу частотно-регулируемых электроприводов;
- поиск неисправностей по анализу измерений основных координат электропривода.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.4 Теория электропривода*

Постреквизиты дисциплины: *Б2.П.В.П.1 Научно-исследовательская работа, Б2.П.В.П.2 Преддипломная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-2 Способен разрабатывать модели, реализующие функционирование объектов профессиональной деятельности	ПК*-2-В-4 Рассчитывает и моделирует структурные схемы электроприводов в соответствии с конкретными требованиями к ним ПК*-2-В-5 Разрабатывает модели силового канала и систем управления электроприводов с учетом специфики физической реализации	**Знать:** - основные функции и структуру современных частотно-регулируемых электроприводов (ЧРЭП); - основы инженерного проектирования ЧРЭП; - основные схемотехнические решения, принцип действия силового канала, алгоритмы преобразования и обработки Сигналов. **Уметь:** - вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий, способностью анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию по ЧРЭП. **Владеть:** - навыками применения методов планирования эксперимента при проведении научных исследований; - практическими навыками настройки, проектирования и исследования ЧРЭП; - методами исследования и анализа переходных и временных характеристик ЧРЭП.
ПК*-7 Способен исследовать статические и динамические режимы работы электромеханических комплексов	ПК*-7-В-3 Анализирует внутренние и выходные сигналы частотно-регулируемого электропривода в статическом и динамическом режимах ПК*-7-В-4 Демонстрирует понимание принципов действия силового канала частотно-регулируемого электропривода, алгоритмов преобразования и обработки сигналов системой управления ПК*-7-В-5 Производит синтез системы управления частотно-регулируемого электропривода	**Знать:** - физические процессы, происходящие в силовом канале ЧРЭП; - принципы электромагнитной совместимости ЧРЭП с питающей сетью и АД. **Уметь:** - производить синтез систем управления ЧРЭП; - использовать углубленные знания в области ЧРЭП и полупроводникового преобразования энергии в профессиональной деятельности; - создавать математические модели ЧРЭП. **Владеть:** - способностью к профессиональной эксплуатации и разработки микропроцессорных систем управления Электроприводов.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**108**
Контактная работа:	**37,25**	**37,25**
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	10	10
Лабораторные работы (ЛР)	10	10
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);* *- самостоятельное изучение разделов (перечислить);* *IR компенсация в скалярных СУЭП* *Прямое управления моментом (DTS)* *Регулирование скорости вращения синхронных приводов* *Двухзонное регулирование скорости в векторной СУЭП* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;*	**70,75**	**70,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Математическое описание асинхронного двигателя	14	2	2		10
2	Структурные схемы электропривода с асинхронным двигателем	18	4	4		10
3	Силовые схемы преобразователей частоты	16	2	2	2	10
4	Системы управления ЭП переменного тока	32	4	2	4	22
5	Математическое моделирование ЭП с АД	28	4		4	20
	Итого:	108	16	10	10	72
	Всего:	108	16	10	10	72

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Математическое описание асинхронного двигателя

Система дифференциальных уравнений, описывающих асинхронный двигатель. Т-образная схема замещения АД. Векторная диаграмма АД. Системы координат и их взаимосвязь.

2. Структурные схемы электропривода с асинхронным двигателем

Электромагнитный момент АД. Структурная схема электропривода с АД при произвольной ориентации системы координат и при ориентации по вектору потокосцепления ротора.

3. Силовые схемы преобразователей частоты

Виды ПЧ. Автономный инвертор с широтно-импульсной модуляцией, с векторной ШИМ, с релейным формированием тока. Перенапряжения в силовых цепях. Снабберы.

4. Системы управления ЭП переменного тока

Скалярное U/f регулирование скорости. IR-компенсация. Векторное управление ЭП с АД при поддержании постоянства потокосцепления статора и ротора. Прямое управление моментом АД.

5. Математическое моделирование ЭП с АД

Расчет регуляторов в системе скалярного и векторного регулирования с учетом специфики цифровых систем управления. Построение модели скалярной и векторной систем управления.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	3	Инструктаж по технике безопасности. Изучение конструкции силовых схем преобразователей частоты с автономным инвертором напряжения. Исследование режимов работы полупроводниковых приборов в различных режимах работы.	2
2	4	Исследование статических и динамических характеристик скалярной системы управления. Исследование статических и динамических характеристик векторной системы управления с ориентацией по потокосцеплению ротора.	2
3	5	Способы реализации системы управления со скалярной ШИМ, векторной ШИМ и с релейным формированием тока при помощи микроконтроллеров.	2
4	5	Построение модели системы управления с ориентацией по потокосцепления ротора с учетом особенностей работы цифровых систем.	4
		Итого:	10

4.4 Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Математическое моделирование прямого пуска АД	2
2	2	Моделирование структурной схемы ЭП с АД при произвольной ориентации системы координат	2
3,4	3	Построение модели силового канала частотно-регулируемого электропривода со скалярной и векторной ШИМ. Расчет снабберных цепочек.	4
5,6	4,5	Расчет регуляторов и моделирование скалярной и векторной СУЭП	4
		Итого:	12

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учеб.для вузов / Г. Г. Соколовский.- 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2007. - 266 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 259-262. - ISBN 978-5-7695-4505-4.

2. Имитационное моделирование частотно-регулируемых электроприводов [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлениям подготовки 13.03.02, 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Э. Л. Греков, А. С. Безгин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2022. - 139 с- Загл. с тит. экрана. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/163501_20220301.pdf

5.2 Дополнительная литература

1. Ключев, В. И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов : учебник для вузов / В. И. Ключев, В. М. Терехов . - М. : Энергия, 1980.

2. Электротехнический справочник : в 4 т. / под ред. В. Г. Герасимова, А. Ф. Дьякова, Н. Ф. Ильинского . - 8-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во МЭИ, 2002. Т. 2 : Электротехнические изделия и устройства. - 518 с. Т. 4. : Использование электрической энергии. – 696.

3. Рекус, Г. Г. Электрооборудование производств : справ. пособие / Г. Г. Рекус ; [учеб. Пособие для вузов]. - М. : Высш. шк., 2007. - 710 с.

4. Ильинский, Н. Ф. Электропривод: энерго и ресурсосбережение : учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Ильинский, В. В. Москаленко . - М. : Академия, 2008. - 203 с.

5. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации : учеб. пособие для вузов / М. П. Белов [и др.]; под ред. В. А. Новикова, Л. М. Чернигова. - М. : Academia, 2006. - 368 с.

6. Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод : учеб. пособие / И. Я. Браславский, Э. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков ; под ред. И. Я. Браславского. - М. : Академия, 2004. – 250 с. : ил.

7. Воронин, П. А. Силовые полупроводниковые ключ : семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин.- 2-е изд. - М. : Додэка-XXI, 2005. - 381 с. : ил. - Библиогр.: с. 374-379. - ISBN 5-94120- 087-0.

5.3 Периодические издания

Электротехника : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

1. Государственные стандарты [Электронный ресурс]: база данных /. – Режим доступа : https://docplan.ru/list0.htm, свободный. – Загл. с экрана.

2. Справочник электрика и энергетика. – Режим доступа http://www.elecab.ru/dvig.shtml

3. Базы данных продуктов КЭАЗ для AutoCAD Electrical. – Режим доступа https://keaz.ru/partner/proektirovschikam/cad-files

4. Базы данным по патентам и полезным моделям http://new.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/bazy-dannykh.php

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

Программное обеспечение для выполнения практических занятий:

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru
4. PTC MathCAD 14.0 - English Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач.
5. MpLAB IDE - интегрированная среда разработки микроконтроллеров фирмы MICROCHIP. Доступна бесплатно. Режим доступа http://www.microchip.com/mplabx-idewindows-installer

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лабораторного практикума предназначены специализированные лаборатории:

–лаборатория автоматизированного электропривода типовых производственных механизмов (ауд.8123), лаборатория силовой электроники (ауд.8123) и компьютерный класс (ауд. 8111).

Лабораторные работы проводятся на стендах.

в лаборатории 8123:

- Исследование конструкции и принципа действия преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения;
- Цифровая система управления преобразователем частоты.

в лаборатории 8114:

- Исследование статических и динамических характеристик системы «Преобразователь частоты-асинхронный двигатель»

в компьютерном классе 8111:

- моделирование силового канала и системы управления частотно-регулируемым электроприводом.