Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н. Вильбергер М. Е.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Вильбергер М. Е.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Автоматическое управление системами мехатроники

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская программа: Мехатроника и автоматизация

Курс: 1, семестр : 1

Факультет мехатроники и автоматизации,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**1**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	52
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	8
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	из них практической подготовки, час.	6
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	10
11	Самостоятельная работа, час.	128
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	КР
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №147 от 28.02.2018 г. , дата утверждения: 22.03.2018 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭАПУ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 7 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Попов Н. С.

Ответственный за образовательную программу:

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1.В/ПР Способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности
	ПК-1.В/ПР. 1 Способен планировать этапы реализации проекта
Профессиональные компетенции	ПК-2.В/НА Способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований
	ПК-2.В/НА. 1 Способен разработать методики и проводить исследования объектов профессиональной деятельности
	ПК-2.В/НА. 2 Способен анализировать и синтезировать объекты профессиональной деятельности

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Типы регулируемых электроприводов переменного тока					
1. Обзор регулируемых электроприводов переменного тока.	0,5	0	0,25		Задачи и структура курса. Назначение, классификация систем управления электроприводами (ЭП) переменного тока. Обзор типов ЭП переменного тока: тиристорные и транзисторные ЭП; асинхронные и синхронные электрические машины; шаговые и гистерезисные двигатели.
Дидактическая единица: Схемотехническая реализация электроприводов с асинхронными двигателями					

2. Асинхронные электроприводы с тиристорными преобразователями частоты.	1	0	0,25		Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ) с естественной коммутацией. Функциональная схема частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП), регулировочные характеристики НПЧ. Автономные инверторы тока (АИТ), автономные инверторы напряжения (АИН) при амплитудо-импульсной модуляции (с жесткой коммутацией) - их схемы, диаграммы и возможности. Запираемые тиристоры (GTO) и их модификации (IGCT). Преимущества тиристорных преобразователей частоты по перегрузочной способности и потерям. ЧРЭП на базе АИТ - функциональная схема, синтез регуляторов.
3. Асинхронные электроприводы с транзисторными преобразователями частоты.	1	0	0,25		Транзисторыне преобразователи частоты (ПЧ) на базе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). ЭП с АИН, двухзвенные НПЧ с активным выпрямителем напряжений (Boost converters) и активным выпрямителем тока, матричные преобразователи, ключи переменного тока. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) в АИН. Способы ШИМ: пофазная синусоидальная, модифицированная, векторная. Компенсация "неидеальностей" ПЧ: "мертвого времени", падений напряжения, пульсаций звена постоянного тока. Релейное регулирование токов. Способы регуляризации скользящих режимов: гистерезис, фильтр в обратной связи.

4. Каскадные схемы асинхронных электроприводов.	1	0	0,25		Каскадные схемы включения ЭП на базе асинхронных двигателей с фазным ротором: электромашинный каскад, асинхронно-вентильный каскад, асинхронно-тиристорный каскад, машина двойного питания и ее частный случай - асинхронизированная синхронная машина. Электрические схемы включения каскадов, статические и динамические характеристики, области применения, расчет мощности силового преобразователя в цепи обмотки ротора.
5. Структуры преобразователей частоты для высоковольтных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Двухтрансформаторные схемы включения ЭП. Многоуровневые инверторы напряжения - ПЧ с Н-мостами.
Дидактическая единица: Регулирование скорости и торможение асинхронных ЭП.					

6. Параметрическое регулирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Анализ схемы замещения асмнхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АД КЗР). Скоростные характеристики и механические характеристики АД КЗР, формула Клосса, влияние параметров схемы замещения на характеристики электрической машины. Реостатный и реакторный пуск. Фазовое регулирование, регулировочная характеристика тиристорного регулятора напряжения (ТРН). Система ТРН-АД: разомкнутая и замкнутая по скорости. Структурная схема системы подчиненного регулирования (СПР) ТРН-АД. Допустимые нагрузки системы ТРН-АД в области малых скольжений. Область применения систем ТРН-АД. Системы софт-старта. Механические характеристики АД КЗР при питании от источника тока (ИТ), характеристики разомкнутой и замкнутой системы ИТ-АД.

7. Способы торможения транзисторных электроприводов.	1	0	0,25		Способы торможения: самовыбег, динамическое торможение, частотное торможение на балластное сопротивление. ПЧ с двунаправленным потоком энергии в звене постоянного тока: с АИТ, с реверсивным вентильным преобразователем и АИН, активными выпрямителями тока и напряжения, матричными конверторами. Многокоординатный ЭП с рекуператором. Динамическое торможение АД КЗР: способ реализации, механические характеристики.
8. Специальные функции интеллектуальных общепромышленных преобразователей частоты.	1	0	0,25		Подхват вращающегося двигателя "на лету", безударное переключение двигателя на сеть и обратно на ПЧ, динамическое торможение, автозапуск, автонастройка. Варианты реализации автонастройки: предварительная активная идентификация параметров, адаптивность с текущей параметрической идентификацией.
Дидактическая единица: Алгоритмы частотного (скалярного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором)					

9. Частотное регулирование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Определение частотного регулирования АД КЗР. Закон М.П. Костенко и его модификации. Характеристики и структуры простейших частотно-регулируемых ЭП. Скалярная и векторная I*R и I*x - компенсация, регулирование с постоянством потокосцеплений - их интерпретация по схеме замещения. Методика синтеза регуляторов замкнутых структур частотно-регулируемого асинхронного ЭП.
Дидактическая единица: Алгоритмы векторного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором					
10. Общие сведения о векторном управлении асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.	0,5	0	0		Векторно-матричные модели электрических машин переменного тока. Преобразования координат Кларк (Clarke) и Парка (Park): различные условия выполнения преобразований . Зависимость формул момента и мощностей от выбора коэффициента согласования. Уравнения АД КЗР в пространстве состояний "токи статора - потокосцепления ротора". Принцип векторного управления (ВУ) АД КЗР (FOC). Асинхронный двигатель как динамический объект управления. Каналы регулирования скорости (момента) АД КЗР. Векторная диаграмма АД КЗР во вращающейся системе координат. Классификация алгоритмов и систем ВУ.

11. Способы полеориентирования.	1	0	0,25		Непосредственное (Blaschke) и косвенное (Hasse) ориентирование по полю. Вычисление вектора потокосцеплений при непосредственном ориентировании по полю и измеряемой частоте вращения - модели цепи статора и ротора АД КЗР, наблюдатель полного порядка типа Люенбергера. Преимущества, проблемы и недостатки методов идентификации вектора потокосцеплений.
12. Структурно-функциональная схема асинхронного электропривода с векторным управлением.	1	0	0,25		Структура системы автоматического управления АД КЗР в полеориентированной системе координат. Синтез регуляторов на основе методики СПР, компенсация ЭДС посредством автономизации каналов регулирования. Обратные модели и комбинированное управление АД КЗР. Двухзонное регулирование скороти АД КЗР с независимым и зависимым ослаблением потока. Линеаризация контура регулирования скорости (канала управления моментом).
13. Бездатчиковое векторное управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Адаптивное наблюдение вектора потокосцеплений. Вычисление частоты вращения в "бездатчиковых" ЭП: алгебраический способ; следящая система, совмещенная с тригонометрическим анализатором. Способы, основанные на принципе настраиваемой модели: адаптивная система с задающей моделью (АСЗМ-MRAS); настраиваемый наблюдатель полного порядка; расширенный адаптивный фильтр Калмана.

14. Энергооптимальное векторное управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Пример энергооптимальной по критерию минимума тока статора системы ВУ АД КЗР.
15. Частотно-токовое управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Частотно-токовое управление (ЧТУ) АД КЗР как частный случай ВУ. Определение ЧТУ. Вывод законов управления на основе уравнений и схемы замещения. Особенности практической реализации алгоритмов ЧТУ.
Дидактическая единица: Быстродействующие способы управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором					
16. Алгоритмы прямого управления моментом асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	1	0	0,25		Прямое управление потоком и моментом АД КЗР (DTC, DFTC). Двухзонное управление с независимым ослаблением потока. Релейный и непрерывный варианты реализации алгоритмов управления.
Дидактическая единица: Синхронный электродвигатель как объект управления					
17. Регулируемый электропривод на базе синхронного двигателя с электромагнитным возбуждением.	1	0	0,25		Конструкция синхронного двигателя с электромагнитным возбуждением (СДЭМВ), оси ротора. Математическая модель СДЭМВ в одной оси. Угловая и механическая характеристики СДЭМВ. СДЭМВ как объект управления. Обобщенная функциональная схема системы управления ЭП. Понятие о рациональных режимах регулирования, векторные диаграммы и годографы векторов токов и потокосцеплений в функции момента. Характеристики задатчиков токов якоря и возбуждения в первой зоне регулирования.

18. Регулируемый электропривод на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами.	1	0	0,25		Конструкция синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ). Математическая модель СДПМ, ее особенности. Механические характеристики СДПМ. Векторное управление с поперечным током якоря (частотно-токовое - в фазной и вращающейся системах координат). Двухзонное регулирование с псевдоослаблением потока. Структурная схема ЭП, синтез регуляторов.
19. Бесконтактный двигатель постоянного тока на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами.	1	0	0,25		Принцип действия вентильныого двигателя на основе угловых характеристик. Опережение угла включения тиристоров в функции частоты вращения (производной угла поворота) ротора. Вентильно-индукторный ЭП: преимущества, принципы построения, особенности систем управления. Дискретный шаговый ЭП: методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры; дискретные схемы программного управления в многопозиционных ЭП. Синтез дискретных систем, построение дискретных систем на основе интегральных микросхем.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Алгоритмы частотного (скалярного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором)					

1. Лабораторная работа №1 "Исследование характеристик станции группового частотного управления электроприводами насосных агрегатов СЧ-430".	9	1	2,25		Назначение, состав, основные функции, принципы работы, статические характеристики станции группового частотного управления электроприводами насосных агрегатов СЧ-430. Принципы выбора структуры и параметров регулятора технологического параметра.
Дидактическая единица: Алгоритмы векторного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором					
2. Лабораторная работа №2 "Исследование характеристик коплектного частотно-регулируемого асинхронного электропривода на базе преобразователя частоты "Эратон-М5".	9	1	2,25		Назначение, состав, основные функции, принципы работы, статические и динамические характеристики алгоритмов частотного и векторного управления асинхронным электроприводом на базе преобразователя частоты "Эратон-М5".

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Непрерывные системы регулирования координат электроприводов					
1. Общие сведения о комплектном электроприводе постоянного тока БТУ 3601.	2	0	0,5		Функциональные схемы БТУ 3601 и ЭПУ-1-2П, работа и характеристики вентильных ЭП постоянного тока. Трехфазных вентильные преобразователи (ВП) на базе мостовых схем выпрямления и реверсивные ВП на их основе с раздельным управлением выпрямительными комплектами.

2. Схемотехническая и функциональная реализация блоков и узлов комплектного электропривода постоянного тока БТУ 3601.	16	2	4		Работа узлов схемы управления БТУ3601 на примерах принципиальных схем и временных диаграммам. Регулятор скорости, регулятор и датчик тока, узел зависимого токоограничения, нелинейное звено, функциональный преобразователь ЭДС, переключатель характеристик, управляющий орган системы импульсно-фазового управления (СИФУ), формирователь импульсов, усилители импульсов, нагруженные на импульсные трансформаторы, устройство логики и датчик проводимости вентелей, блок питания, узел защит. Адаптивный регулятор тока.
3. Общие сведения о комплектном электроприводе постоянного тока ЭТ6.	2	0	0,5		Функциональная схема ЭТ6, работа и характеристики вентильных ЭП постоянного тока на базе шестифазных нулевых схем выпрямления и реверсивных ВП на их основе с совместным управлением.
4. Схемотехническая и функциональная реализация блоков и узлов комплектного электропривода постоянного тока ЭТ6.	16	2	4		Работа узлов схемы управления ЭТ6 на примерах принципиальных схем и временных диаграммам. СИФУ, регулятор и датчик тока, регулятор скорости, схема ограничения минимального угла управления, схема ограничения тока, блок питания, схема защит.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Лабораторная работа №1 "Исследование характеристик станции группового частотного управления электроприводами насосных агрегатов СЧ-430".	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполняют параметрический синтез регулятора уровня заполнения накопительного резервуара КНС

2	Лабораторная работа №2 "Исследование характеристик коплектного частотно-регулируемого асинхронного электропривода на базе преобразователя частоты "Эратон-М5".	Лб	Выполняет следующие виды работ: проверяют влияние настроек регулятора скорости на динамические показатели системы электропривода
3	Схемотехническая и функциональная реализация блоков и узлов комплектного электропривода постоянного тока БТУ 3601.	Пр	Выполняет следующие виды работ: расчет типовых регуляторов, реализованных на операционных усилителях
4	Схемотехническая и функциональная реализация блоков и узлов комплектного электропривода постоянного тока ЭТ6.	Пр	Выполняет следующие виды работ: изучение конструкционных особенностей насыщяемых уравнительных реакторов

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Курсовая работа		32	3
Разработка силовой части, структурно-параметрический синтез и компьютерное моделирования системы регулирования скорости электропривода постоянного тока двумя методами. : Абакумов И. Д. Теория электропривода : учебно-методическое пособие / И. Д. Абакумов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000082406				
2	Подготовка к занятиям		32	3
Подготовка к лекциям и проработка лекционного материала, самостоятельные ответы на контрольные вопросы, подготовка доклада к практическим занятиям, подготовка к выполнению лабораторных работ.: Котин Д. А. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для магистрантов ФМА 1 курса и для студентов 4, 5 курса ЗФ] / Д. А. Котин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208231. - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к аттестации		32	4
Проработка лекционного, практического и лабораторного материала.: Котин Д. А. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для магистрантов ФМА 1 курса и для студентов 4, 5 курса ЗФ] / Д. А. Котин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208231. - Загл. с экрана.				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения: Обсуждение материала практических занятий	

2	Метод проектов
Краткое описание применения: Самостоятельная подготовка студентами темы практических занятий	

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 1		
Лабораторная:	4	20
Практические занятия:	0	15
Курсовая работа: Итого	0	25
Контролирующие материалы приводятся в "Абакумов И. Д. Теория электропривода : учебно-методическое пособие / И. Д. Абакумов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000082406"		
Экзамен:	0	40
Контролирующие материалы приводятся в "Котин Д. А. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для магистрантов ФМА 1 курса и для студентов 4, 5 курса ЗФ] / Д. А. Котин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208231. - Загл. с экрана."		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля
ПК-1.В/ПР	ПК-1.В/ПР 1. Способен планировать этапы реализации проекта	
ПК-2.В/НА	ПК-2.В/НА 1. Способен разработать методики и проводить исследования объектов профессиональной деятельности	
	ПК-2.В/НА 2. Способен анализировать и синтезировать объекты профессиональной деятельности	

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Симаков Г. М. Системы автоматического управления электроприводов металлорежущих станков / Г. М. Симаков. - Новосибирск, 2007. - 299 с. : схемы. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000072241

2. Панкратов В. В. Автоматическое управление электроприводами. Ч. 1 : [учебное пособие для ФМА по направлению 140400 - "Электроэнергетика и электротехника" и профилю подготовки "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологический комплексов"] / В. В. Панкратов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 198, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180765

Дополнительная литература

1. Панкратов В. В. Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами : учебное пособие / В. В. Панкратов, Е. А. Зима ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 118, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000046885

Интернет-ресурсы

1. Научная библиотека Новосибирского государственного технического университета [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: http://library.nstu.ru/. – Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Котин Д. А. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для магистрантов ФМА 1 курса и для студентов 4, 5 курса ЗФ] / Д. А. Котин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208231. - Загл. с экрана.

2. Абакумов И. Д. Теория электропривода : учебно-методическое пособие / И. Д. Абакумов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000082406

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Моделирование электромагнитных процессов MathWorks Matlab Simulink

2 MathCAD - это интегрированная система программирования, ориентированная на проведение математических и инженерно-технических расчетов. PTC MathCAD

3 Пакет офисных приложений Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Лабораторный стенд для исследования ЭП переменного тока	Выполнение лабораторной работы №1
2	Лабораторный стенд №3	Выполнение лабораторной работы №2

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение

1	Комплект мультимедийного оборудования для лаборатории	Проведение лекционных и практических занятий