

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебной работе
_____ Э.Ю. Майкова
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»
«Электрический привод»

Направление подготовки бакалавров – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Направленность (профиль) – Электроснабжение.

Типы задач профессиональной деятельности: эксплуатационный.

Форма обучения – очная и заочная.

Машиностроительный факультет

Кафедра «Электроэнергетика и электротехника»

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: зав. кафедрой ЭС и Э

А.Н. Макаров

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭС и Э
«_____» _____ 202__ г., протокол № _____.

Заведующий кафедрой

А.Н. Макаров

Согласовано
Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Электрический привод» является получение знаний о наиболее распространенных режимах работы различных электрических машин, а также схемах управления и контроля состояния энергосистем.

Задачами дисциплины являются:

Формирование умений обосновывать выбор студентом способа управления двигателем, или системой двигателей, а также выбор оптимальных типовых схем управления;

Формирование знаний основных физических процессов, протекающих при работе электрической машины, построения схем управления и способов управления энергосистемами;

формирование умений по разработке систем автоматизированного электрического привода используя типовые технологические решения и схемы управления для осуществления механических взаимодействий физических объектов.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания дисциплин «Физика», «Электрические машины», а также отдельные разделы дисциплин «Теоретическая механика» и «Электротехника».

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при изучении дисциплин, ориентированных на проектировочные, конструкторские и технологические виды заданий, связанных с технологическими процессами машиностроительных производств, и при выполнении технологической части выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.

УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

Индикаторы компетенции, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИОПК-1.3. Демонстрирует знание требований к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов.

ИОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик.

ИУК-2.1. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих ее достижение.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

ИОПК-1.3.

Знать:

31. Основные правила оформления чертежей электрических схем.

32. Основные правила оформления чертежей кинематических схем.

33. Основные правила составления пояснительных записок относительно расчета механики электрического привода.

Уметь:

У1. Строить электромеханические характеристики, нагрузочные диаграммы и тахограммы.

У2. Составлять, читать и строить электрические и кинематические схемы электропривода.

ИОПК-4.5.

Знать:

31. Особенности разных типов двигателей, коммутационных аппаратов, преобразователей и измерительных приборов.

32. Особенности установившихся режимов работы приводов двигателей разных типов.

33. Особенности тормозных режимов двигателей разных типов.

Уметь:

У1. Рассчитывать электромеханические характеристики двигателей разных типов.

У2. Правильно выбирать продолжительность включения двигателя и проверять на перегрев.

ИУК-2.1.

Знать:

31. Особенности механики эклектического привода и системы «двигатель – исполнительный орган».

32. Способы уменьшения нагрузки на двигатель со стороны механической и электрической части.

33. Типовые решения электрической схемы привода для выполнения технической задачи.

Уметь:

У1. Правильно выбирать оборудование для выполнения определенных технических задач

У2. Рассчитывать механическую часть электропривода.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных занятий, лабораторных и практических занятий; выполнение курсового проекта.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 1а. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	6	216
Аудиторные занятия (всего)		120
В том числе:		
Лекции		60
Практические занятия (ПЗ)		30
Лабораторные работы (ЛР)		30
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		72+24 (экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		54
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к защите лабораторных работ		18
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		0+24 (экз)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		0

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 1б. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	6	216
Аудиторные занятия (всего)		16
В том числе:		
Лекции		6
Практические занятия (ПЗ)		6
Лабораторные работы (ЛР)		4
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		187+13
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		72
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - изучение теоретической части дисциплины;		102
- подготовка к защите лабораторных работ		13
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		0+13 (экз)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		0

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Механическая часть электрического привода	42	12	6	-	4 + 20 (экз)
2	Привод двигателя постоянного тока	50	12	6	12	4 + 16 (экз)
3	Привод асинхронного двигателя	50	12	4	10	4 + 20 (экз)
4	Типовые схемы управления, элементы управления	47	15	6	8	8 + 10 (экз)
5	Переходные процессы в электрическом приводе	27	9	8	-	4 + 6 (экз)
Всего на дисциплину		216	60	30	30	72 + 24 (экз)

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2б. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Механическая часть электрического привода	42	1	1	-	37+ 3 (экз)
2	Привод двигателя постоянного тока	45	1	2	2	37+ 3 (экз)
3	Привод асинхронного двигателя	45	1	2	2	37+ 3 (экз)
4	Типовые схемы управления, элементы управления	44	2	-	-	40+ 2 (экз)
5	Переходные процессы в электрическом приводе	40	1	1	-	36+ 2 (экз)
Всего на дисциплину		216	6	6	4	187+ 13 (экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1 «Механическая часть электрического привода»

Этапы развития привода. Общие понятия об автоматизированном электрическом приводе. Функциональная схема электрического привода. Исполнительный орган. Система управления. Преобразователь: его роль и функции. Роль редуктора в электрическом приводе: его свойства и функции. Дифференциальные уравнения движения исполнительного органа и их решения. Применение законов Ньютона для расчета электрического привода. Общая и упрощенная схемы электрического привода. Оценка приближений расчетов при упрощении кинематической схемы. Виды потерь в системе электропривода: механические, тепловые, электрические; способы их уменьшения. Приведенный момент инерции вала. Связь вращательного и поступательного движения исполнительного органа.

Параметры момента сопротивления: причины его возникновения, приближенные расчеты, графическое представления. Скорость двигателя в установившемся режиме. Контроль скорости двигателя. Типовые решения кинематических схем. Альтернативные кинематические схемы, их вариации.

МОДУЛЬ 2 «Привод двигателя постоянного тока»

Способы возбуждения двигателя постоянного тока: сходства и различия. Электромеханические характеристики двигателя постоянного тока. Механическая характеристика двигателя независимого возбуждения: естественная характеристика. Электрическая характеристика двигателя независимого возбуждения. Прямой пуск двигателя постоянного тока, недостатки. Способы уменьшения пусковых токов: включение реостата, уменьшение напряжения, изменение магнитного потока. Искусственные характеристики двигателя независимого возбуждения. Расчет пускового реостата: аналитический метод, метод отрезков. Типовые решения подключения двигателя постоянного тока. Жесткость механической характеристики. Статическое падение скорости. Свободный выбег. Тормозные режимы двигателя независимого возбуждения: динамическое торможение, противовключение, рекуперация. Практическое применение данного типа двигателя.

Естественная характеристика двигателя параллельного возбуждения. Искусственные характеристики двигателя параллельного возбуждения. Критическое сопротивление. Граничная характеристика. Методы расчета пускового реостата: аналитический, метод отрезков. Динамическое торможение с самовозбуждением. Противовключение. Тормозной реостат. Практическое применение данного типа двигателя.

Электромеханические характеристики двигателя последовательного возбуждения. Универсальные характеристики двигателя последовательного возбуждения: графическое представление. Методы расчета искусственных характеристик двигателя последовательного возбуждения. Тормозные режимы

двигателя последовательного возбуждения: динамическое торможение и противовключение. Практическое применение данного типа двигателя.

МОДУЛЬ 3 «Привод асинхронного двигателя»

Электромеханические характеристики асинхронного двигателя. Нелинейность двигательных и тормозных характеристик. Момент сопротивления в данном типе двигателя. Расчетная схема замещения. Пусковые токи, энергетическая диаграмма. Формула Клосса. Номинальный, пусковой и критический моменты асинхронного двигателя. Роль скольжения в механике электропривода, связь со скоростью. Зависимость скорости идеального холостого хода от числа пар полюсов двигателя. Способы уменьшения пусковых токов асинхронного двигателя. Преобразователь частоты, его свойства. Коэффициент мощности, его влияние на работу двигателя.

Двигатель с фазным ротором: механические характеристики. Способы пуска: прямой пуск, реостатный пуск, автотрансформаторный пуск; их свойства, преимущества и недостатки. Расчет и построение характеристик двигателя с фазным ротором. Запуск маломощных двигателей. Типовые схемы подключения асинхронного двигателя с фазным ротором. Роль критического скольжения: связь с критическим моментом. Режимы торможения двигателя с фазным ротором: динамическое торможение, противовключение, рекуперация; их графическое представление и расчет. Вывод асинхронного двигателя с фазным ротором в номинальный режим работы.

Двигатель с короткозамкнутым ротором: отличия от двигателя с фазным ротором; естественные и искусственные характеристики. Способы пуска двигателя с короткозамкнутым ротором: автотрансформаторный пуск, реакторный пуск, переключение схемы обмоток с треугольника на звезду, тиристорный пуск. Пуск двигателей с номинальным напряжением 660/380 Вольт. Векторная диаграмма двигателя и схемы замещения. Аналитический расчет пускового реостата. Тормозные режимы двигателя с короткозамкнутым ротором.

МОДУЛЬ 4 «Типовые схемы управления, элементы управления»

Устройство основных аппаратов управления. Свойства и назначение аппаратов управления. Электромагнитный контактор. Электромагнитные реле тока, напряжения, промежуточные. Реле времени. Тепловое реле. Реле контроля скорости. Предохранитель. Контактные группы: их свойства. Командоконтроллер, кнопочный пункт управления. Представление элементов на силовой схеме и схеме управления. Инвертор, выпрямитель: их виды, свойства, назначение и устройство.

Типовые схемы выполнения стандартных функций управления. Функция «включение – выключение»: варианты схемы соединения, назначение, свойства. Функция нулевой защиты. Типовая схема управления при использовании кнопочного пункта управления, или командоконтроллера: сходства, различия, преимущества, недостатки. Функция «включение – выключение» при реверсивном асинхронном двигателе и двигателе постоянного тока. Типовые схемы тиристорного пуска двигателя. Функция «управление разгоном двигателя». Управление пуском в

функции времени. Управление пуском в функции скорости. Управление пуском в функции момента или тока. Функция «управление торможением». Управление динамическим торможением. Управление торможением противовключением. Управление нагревания и охлаждения электрических машин.

МОДУЛЬ 5 «Переходные процессы в электрическом приводе»

Механический переходный процесс при механической характеристике двигателя. Дифференциальные уравнения переходных процессов. Накопители энергии в системе: движущиеся массы, обмотки электрической машины, упруго деформируемые элементы механической части, элементы с малым запасом энергии. Упрощение системы дифференциальных уравнений для сокращения расчетов. Механическая постоянная времени. Время наибольших потерь. Разгон двигателя с постоянным моментом сопротивления. Оценка упрощения характеристики момента сопротивления. Определение продолжительности переходных процессов.

Расчет нелинейных переходных процессов. Численные методы. Теорема о среднем в электрическом приводе. Метод Эйлера. Метод трапеций. Потери энергии в переходных процессах. Определение кинетической энергии работающей системы. Методы сокращения потерь в переходных процессах. Малоинерционные двигатели. Многодвигательный электропривод. Двигатели с повышенным скольжением. Ступенчатый пуск двигателя как метод сокращения потерь.

Режимы работы двигателя: продолжительный режим работы, кратковременный режим работы, повторно – кратковременный режим работы. Метод эквивалентных величин. Нагрузочная диаграмма двигателя. Нормальная продолжительность включения двигателя. Проверка двигателя по нагреву. Способы охлаждения двигателя: защищенный самовентилируемый, закрытый самообдуваемый, закрытый не обдуваемый, закрытый с принудительной вентиляцией. Перегрев двигателя.

5.3. Лабораторные работы

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3а. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
Модуль 2 Цель: 1) Экспериментальное определение параметров двигателя, позволяющих рассчитать и построить его скоростную и механическую характеристики и момент инерции системы двигатель – машина, необходимый для расчета статических и динамических режимов работы электропривода 2) Изучение схем релейно-контакторного управления процессами пуска и торможения двигателей и методов расчета элементов схем	1) Определение параметров электропривода постоянного тока 2) Построение схем релейно-контакторного управления пуском и торможением	12

<p>Модуль 3 Цель: 1) Знакомство с типовыми схемами управления пуском двигателя. Изучение схем релейно-контакторного управления процессами пуска и получение навыков сравнения схем. 2) Исследование типовой схемы управления пуском двигателя и динамическим торможением. Освоение основ построения схемы электрического привода двигателя с короткозамкнутым ротором.</p>	1) Исследование схемы управления автотрансформаторным пуском асинхронного короткозамкнутого двигателя 2) Исследование системы управления пуском и динамическим торможением в функции времени	10
<p>Модуль 4 Цель: Изучение принципов проектирования и свойств различных систем управления асинхронным короткозамкнутым двигателем.</p>	Исследование принципов построения систем управления асинхронным короткозамкнутым двигателем	8

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3б. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
<p>Модуль 2 Цель: Изучение электромеханических (скоростных) и механических характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения, методов их расчета и способов регулирования скорости</p>	Исследование характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения	2
<p>Модуль 3 Цель: Изучение механических характеристик асинхронной машины в двигательном и тормозном режимах. Усвоение методов их расчета.</p>	Исследование механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором	2

5.4. Практические работы

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4а. Практические работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических работ	Наименование практических работ	Трудоемкость в часах
-------------------------------------------------------------	----------------------------------------	-----------------------------

Модуль 1 Цель: научиться рассчитывать и строить механические характеристики двигателя независимого возбуждения. Изучить типовой схемы	Расчет искусственных характеристик двигателя независимого возбуждения	6
Модуль 2 Цель: освоить метод отрезков для расчета механической характеристики двигателя независимого возбуждения. Изучить динамическое торможение: принцип построения, расчета и типовой схемы	Расчет пускового реостата двигателя независимого возбуждения методом отрезков	6
Модуль 3 Цель: научиться рассчитывать механические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором. Освоить методику выбора защит двигателя и сравнения этих защит	Расчет асинхронного двигателя с фазным ротором. Выбор защиты двигателя	4
Модуль 4 Цель: научиться строить схемы управления для заданной силовой схемы	Построение схемы управления электрическим приводом	6
Модуль 5 Цель: научиться определять время переходных процессов для привода асинхронного двигателя. Изучение и улучшение кинематической схемы привода	Определение продолжительности переходных процессов в приводе асинхронного двигателя	8

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4б. Практические работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических работ	Наименование практических работ	Трудоемкость в часах
Модуль 1 Цель: научиться рассчитывать механические характеристики двигателя независимого возбуждения	Расчет искусственных характеристик двигателя независимого возбуждения	1
Модуль 2 Цель: освоить метод отрезков для расчета механической характеристики двигателя независимого возбуждения	Расчет пускового реостата двигателя независимого возбуждения методом	2

	отрезков	
Модуль 3 Цель: научиться рассчитывать механические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором	Расчет асинхронного двигателя с фазным ротором	2
Модуль 5 Цель: научиться определять время переходных процессов для привода двигателя постоянного тока	Определение продолжительности переходных процессов в приводе двигателя постоянного тока	1

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным работам, к текущему контролю успеваемости, в выполнении курсового проекта и подготовке к экзамену.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдается задание на курсовой проект. Варианты исходных данных распределяются студентами академической группы самостоятельно. Курсовой проект выполняется в соответствии с методическими указаниями по выполнению курсового проекта, разработанными на кафедре ЭС и Э.

В рамках дисциплины выполняется 7 лабораторных и 5 практических работ по очной форме обучения, 2 лабораторные и 2 практические работы по заочной форме обучения, которые защищаются посредством тестирования или устным опросом (по желанию обучающегося). Максимальная оценка за каждую выполненную лабораторную работу – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

Выполнение всех лабораторных и практических работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной или практической работы по уважительной причине студент имеет право выполнить письменный реферат, по согласованной с преподавателем теме по модулю, по которому пропущена лабораторная или практическая работа. Возможная тематическая направленность реферативной

работы для каждого учебно-образовательного модуля представлена в следующей таблице:

Таблица 5. Темы рефератов

№ п/п	Модули	Возможная тематика самостоятельной реферативной работы
1.	Модуль 1	Роль редуктора в электроприводе
		Математическое описание механики электропривода
2.	Модуль 2	Пуск двигателя параллельного возбуждения
		Типовые схемы реверсивного двигателя постоянного тока
3.	Модуль 3	Способы защиты асинхронных двигателей
		Сравнение пусков асинхронных двигателей разных типов
4.	Модуль 4	Инвертор и выпрямитель. Суть, типовые решения
		Виды реле времени. История данного электрического аппарата
5.	Модуль 5	Методы сокращения переходных процессов в электроприводе
		Роль потерь энергии в электроприводе. Виды потерь

Оценивание в этом случае осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного реферата.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Дементьев, Ю. Н. Электрический привод : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 223 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01415-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489996>. - (ID=144788-0)
2. Москаленко, В.В. Электрический привод : учебник для ссузов : в составе учебно-методического комплекса / В.В. Москаленко. - 5-е изд. ; стер. - М. : Академия, 2009. - 366 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование. Электротехника) (УМК-У). - Библиогр.: с. 361-362. - Текст : непосредственный. - [ISBN 978-5-7695-6096-5](https://www.isbn-international.org/product/9785769560965) : 278 р. 30 к. - (ID=79844-29)
3. Шичков, Л. П. Электрический привод : учебник и практикум для вузов / Л. П. Шичков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 326 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07893-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471909> . - (ID=144787-0)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Бекишев, Р. Ф. Электропривод : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00514-1. — Текст :

- электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490127> . - (ID=144789-0)
2. Москаленко, В.В. Электрический привод : учеб. пособие для ссузов по спец. "Электротехника" / В.В. Москаленко. - Москва : Мастерство, 2000. - 366 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 5-06-003904-8 : 59 р. - (ID=8754-37)
 3. Москаленко, В.В. Электрический привод : учеб. пособие для учреждений сред. проф. образования по спец. 1800 "Электротехника" / В.В. Москаленко. - 2-е изд. ; стер. - Москва : Академия, 2004. - 366 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр. : с. 361 - 362. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7695-1830-8 : 113 р. 75 к. - (ID=22004-127)
 4. Негадаев, В. А. Электрический привод : учебное пособие / В. А. Негадаев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 132 с. — ISBN 978-5-00137-056-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122220>. - (ID=144792-0)
 5. Онищенко, Г.Б. Электрический привод : учебник для вузов по напр. подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Г.Б. Онищенко. - 2-е изд. ; стер. - М. : Академия, 2008. - 288 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр. : с. - Текст : непосредственный. - 194 р. 70 к. - (ID=73696-101)
 6. Острецов, В. Н. Электропривод и электрооборудование : учебник и практикум для вузов / В. Н. Острецов, А. В. Палицын. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 212 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02840-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491551>. - (ID=144790-0)
 7. Сеницын, И. Е. Электрический привод : учебное пособие / И. Е. Сеницын. — Рязань : РГРТУ, 2019 — Часть 1 — 2019. — 64 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168223>. - (ID=144796-0)
 8. Фролов, Ю. М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1141-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168386> . - (ID=144797-0)
 9. Фролов, Ю. М. Электрический привод: краткий курс : учебник для вузов / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин ; под редакцией Ю. М. Фролова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00092-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491935>. - (ID=144786-0)
 10. Электрический привод : учебное пособие / М. Б. Фомин, В. Г. Петько, И. А. Рахимжанова [и др.]. — Оренбург : Оренбургский ГАУ, 2020. — 180 с. — ISBN 978-5-600-02859-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172656>. - (ID=144791-0)

7.2. Периодические издания

1. Промышленная энергетика : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 852-00. - URL: <http://www.promen.energy-journals.ru/>. - URL: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7968. - (ID=77730-128)
2. Электрические станции : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 864-00. - URL: <http://elst.energy-journals.ru/>. - URL: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8290. - (ID=77913-127)
3. Электричество : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 585-00. - URL: <http://www.znack.com/>; - URL: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9289. - (ID=77922-36)
4. Электротехника : журнал. - М. : Знак. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 583-00. - URL: <http://www.znack.com/>; /. - URL: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=8295. - (ID=77916-36)

7.3. Методические материалы

1. Безик, В. А. Практикум по электрическому приводу : учебно-методическое пособие / В. А. Безик. — Брянск : Брянский ГАУ, 2019. — 89 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171981>. - (ID=144795-0)
2. Безик, В. А. Электрический привод : методические указания / В. А. Безик, О. В. Кубаткина, В. В. Ковалев. — Брянск : Брянский ГАУ, 2019. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171983>. - (ID=144793-0)
3. Вопросы по курсу "Электропривод" по дисциплине "Электрический привод" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Профиль: Электроснабжение : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Г. Савин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-ДМ). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112013>. - (ID=112013-1)
4. Задание на расчетно-графическую работу №1 по дисциплине "Электрический привод" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Профиль: Электроснабжение : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Г. Савин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-РГР). - Сервер. -

- Текст : электронный. - 0-00. - URL:
<http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112011>. - (ID=112011-1)
5. Задание на расчетно-графическую работу №2 по дисциплине "Электрический привод" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Профиль: Электроснабжение : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Г. Савин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-РГР). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL:
<http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112012>. - (ID=112012-1)
6. Конспект лекций по дисциплине "Электрический привод" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Профиль: Электроснабжение : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Г. Савин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-Л). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL:
<http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112008>. - (ID=112008-1)
7. Лабораторная работа по дисциплине "Электрический привод" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Профиль: Электроснабжение : в составе учебно-методического комплекса. № 4 : Построение схем автоматического релейно-контактного управления процессами пуска и торможения двигателей / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Г. Савин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-ЛР). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL:
<http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112010>. - (ID=112010-1)
8. Лабораторная работа по дисциплине "Электрический привод" направление подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Профиль: Электроснабжение : в составе учебно-методического комплекса. № 3 : Исследование механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ЭСиЭ ; разработ. А.Г. Савин. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-ЛР). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112009>. - (ID=112009-1)
9. Харламов, В. В. Расчет электропривода технологических установок: практикум к изучению дисциплин "Основы электропривода технологических установок", "Основы электрического привода", "Электропривод" : учебное пособие / В. В. Харламов, Ю. В. Москалев, Д. И. Попов. — Омск : ОмГУПС, 2020. — 38 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165716>. - (ID=144798-0)
10. Электрический привод : лабораторный практикум. Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника. Профиль подготовки «Электропривод и автоматика». Бакалавриат / составитель А. И. Колдаев. — Ставрополь : СКФУ, 2016. — 152 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155212>. - (ID=144794-0)

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

1. Ресурсы: <http://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <http://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <http://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <http://elibrary.ru/>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112006>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Электрический привод» используются современные средства обучения: наглядные пособия, диаграммы, схемы.

Возможна демонстрация лекционного материала с помощью оверхед-проектора (кодоскопа) и мультипроектора.

Выполнение лабораторных работ производится на лабораторных стендах, которые оснащены оборудованием нескольких поколений. Лабораторные работы проводятся в лаборатории кафедры ЭС и Э:

- лаборатория автоматизированного электрического привода.

Перечень основного оборудования:

1. Стенд асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;
2. Стенд двигателя последовательного возбуждения;
3. Стенд двигателя независимого возбуждения;
4. Стенд электрического привода многих двигателей с преобразователем частоты;
5. Стенд двигателя с тиристорным пуском.

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным

образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен.

5. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

Продолжительность экзамена – 60 минут.

6. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене.

1. Расчётная схема привода. Приведение противодействующих сил, моментов и движущихся масс к валу двигателя.
2. Электромеханические характеристики двигателя независимого возбуждения. Уравнения, графики. Расчет характеристик по паспортным данным
3. Искусственные характеристики двигателя независимого возбуждения при изменении U_{Φ} ; R_{Φ} ; Φ
4. Пуск в ход двигателя независимого возбуждения. Расчет пускового реостата.
5. Тормозные режимы двигателя независимого возбуждения. Схемы включения. Характеристики

- 6 Электромеханические характеристики асинхронного двигателя. Уравнения, графики.
- 7 Расчет естественной механической характеристики асинхронного двигателя по паспортным данным
- 8 Искусственные характеристики асинхронного двигателя при изменении U_1 ; R_2
- 9 Пуск в ход асинхронных двигателей фазным ротором. Расчет пусковых реостатов.
- 10 Пуск в ход короткозамкнутых асинхронных двигателей. Способы ограничения пускового тока. Схемы включения. Их влияние на пусковой момент.
- 11 Тормозные режимы асинхронного двигателя. Схемы включения. Механические характеристики.
- 12 Принцип работы неуправляемого преобразователя. Его внешняя характеристика.
- 13 Принцип работы управляемого преобразователя. Выпрямительный и инверторный режим работы.
- 14 Электромеханические характеристики нереверсивного тиристорного привода.
- 15 Электромеханические характеристики реверсивного тиристорного привода. Структура. Способы управления преобразователями. Характеристики.
- 16 Принцип построения систем управления тиристорных преобразователей.
- 17 Принципы частотного регулирования асинхронных двигателей. Соотношение вторичной частоты и напряжения.
- 18 Принципы построения статических преобразователей частоты с промежуточным звеном постоянного тока.
- 19 Механические переходные процессы при линейно характеристике двигателей и $M_c = \text{const}$. Уравнение процесса механическая постоянная.
- 20 Определение продолжительности переходных процессов в различных режимах.
- 21 Расчет нелинейных механических переходных процессов. Метод последовательных интервалов
- 22 Потери энергии в переходных процессах.
23. Методы сокращения потерь в переходных процессах.
24. Принцип работы и структура системы стабилизации скорости с отрицательной обратной связью по скорости.
25. Система стабилизации скорости с положительной обратной

- связью потока якоря.
26. Нагрузочная диаграмма двигателя. Классификация режимов работы двигателя по нагреву.
 27. Выбор мощности двигателя по методу средних потерь.
 28. Выбор мощности методами эквивалентных величин.
 29. Выбор мощности двигателей для повторно- кратковременного режима.
 30. Нагревание и охлаждение электрических машин. Тепловая постоянная двигателя
 31. Кинематическая и расчётная схемы электропривода. Одномассовая модель, её уравнение движения. Механические характеристики двигателя и механизма. Графическое решение уравнения движения. Правило знаков, виды моментов сопротивления
 32. Приведение сил, моментов сопротивления, движущихся масс и моментов инерции к валу двигателя.
 33. Уравнения электромеханических характеристик двигателя независимого возбуждения. Построение естественных характеристик по паспортным данным.
 34. Искусственные характеристики двигателя независимого возбуждения при изменении $U_{я}$, $K_{я}$, ϕ .
 35. Тормозные режимы двигателя независимого возбуждения. Схемы включения. Уравнения, характеристики.
 36. Электромеханические характеристики двигателя последовательного возбуждения. Естественная и искусственные характеристики. Расчёт характеристик.
 37. Тормозные режимы двигателя последовательного возбуждения. Схемы включения. Механические характеристики. Условия существования.
 38. Пуск в ход двигателя независимого возбуждения. Графический расчёт пусковых реостатов для ДНВ.
 39. Пуск в ход двигателя независимого возбуждения. Аналитический расчёт пусковых реостатов для ДНВ.
 - 40.. Электромеханические характеристики АД. Построение естественной механической характеристики по паспортным данным. 11. Искусственные характеристики АД при изменении U_1 , R_2
 41. Способы ограничения пусковых токов асинхронных КЗ двигателей. Их влияние на пусковой момент
 42. Пуск в ход асинхронных двигателей с фазным ротором. Аналитический расчёт пусковых реостатов при линейных характеристиках двигателя

43. Пуск в ход асинхронных двигателей с фазным ротором. Аналитический расчёт пусковых реостатов с учётом нелинейности характеристиках двигателя
44. Электромеханический переходный процесс с учётом индуктивности якоря.
45. формирование переходных процессов
46. Переходный процесс при пуске АД в холостую.
47. Потери энергии в переходных процессах.
48. Методы сокращения потерь в переходных процессах.
49. Нагревание и охлаждение электрических машин. Тепловая постоянная.
50. Нагрузочные диаграммы и их построение. Классификация режимов работы двигателей по нагреву.
51. Выбор мощностей двигателей по методу средних потерь.
52. Методы эквивалентных величин.
53. Выбор мощности при повторно- кратковременном режиме.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочными данными, ГОСТами, методическими указаниями по выполнению лабораторных работ в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

1. Шкала оценивания курсовой работы – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Тема курсового проекта: проектирование автоматизированного электрического привода подъемника с релейно-контактным управлением. Вариант задания выдается студенту преподавателем в соответствии со списком группы.

3. Критерии итоговой оценки за курсовую работу:

Таблица 6. Оцениваемые показатели для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
-	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Механическая часть электропривода	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
2	Выбор и проверка двигателя	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
3	Расчет и построение пусковой диаграммы	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
4	Построение тахограммы и нагрузочной диаграммы	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
-	Выводы по работе	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
-	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

«отлично» – при сумме баллов от 16 до 18;

«хорошо» – при сумме баллов от 13 до 15;

«удовлетворительно» – при сумме баллов от 10 до 12;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 10, а также при любой другой сумме, если по любому разделу работа имеет 0 баллов.

Требования и методические указания по структуре, содержанию и выполнению работы, а также критерии оценки, оформлены в качестве отдельно выпущенного документа на кафедре ЭС и Э.

Курсовой проект состоит из титульного листа, содержания, введения, основной части, экспериментальной части, заключения, списка использованных источников. Текст должен быть структурирован, содержать рисунки и таблицы. Рисунки и таблицы должны располагаться сразу после ссылки на них в тексте таким образом, чтобы их можно было рассматривать без поворота курсовой работы. Если это сложно, то допускается поворот по часовой стрелке.

Во введении необходимо отразить актуальность темы исследования, цель и задачи курсового проекта. Объем должен составлять 2-3 страницы.

Графическая часть курсовой работы выполняется на 1 листе формата А1 и состоит из следующих частей:

- механическая характеристика двигателя;
- нагрузочная диаграмма;
- тахограмма;
- силовая схема и схема управления;
- кинематическая схема.

В заключении необходимо сделать выводы по работе.

Защита курсового проекта проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы.

В процессе выполнения обучающимся курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование.

Курсовой проект не подлежат обязательному внешнему рецензированию.

Рецензия руководителя обязательна и оформляется в виде отдельного документа.

Курсовые проекты хранятся на кафедре в течение трех лет.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

Студенты очной формы обучения перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с возможностью получения экзаменационной оценки по результатам текущей успеваемости, с формами защиты выполненных лабораторных и практических работ, а также планом выполнения курсового проекта.

Задание студентам очной формы обучения на курсовой проект выдается на 5...6 неделе семестра, заочной формы обучения – на установочной сессии.

В учебном процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих ФГОС ВО.

Приложение

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки бакалавров – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) – Электроснабжение

Кафедра «Электроэнергетика и электротехника»

Дисциплина «Электрический привод»

Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Выбор мощностей двигателей по методу средних потерь.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Уравнения электромеханических характеристик двигателя независимого возбуждения. Построение естественных характеристик по паспортным данным

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Двигатель параллельного возбуждения имеет параметры (см. таблицу 1).

Двигатель работает с моментом сопротивления на валу. Рассчитать:

а) сопротивление реостата, при котором скорость вращения с заданной нагрузкой составит n_c ;

б) построить естественную и реостатную характеристику двигателя;

в) изобразить схему параллельного возбуждения

Таблица 1. Исходные данные.

P_H кВт	U_H В	n_H об/мин	$KПД\%$	M_{MAX}/M_H	M_c/M_H	n_c об/мин
6	110	1000	76	2,1	0,7	600

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: зав. кафедрой ЭС и Э _____ А.Н. Макаров

Заведующий кафедрой: к.т.н. _____ А.Н. Макаров