

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор Белорусско-Российского
университета


Ю.В. Машин

31/08 2021г.

Регистрационный № УД-130302/Б.Р. 0.17/р

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) Электрооборудование автомобилей и электромобили
Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	2
Семестр	4
Лекции, часы	34
Лабораторные занятия, часы	34
Экзамен, семестр	4
Контактная работа по учебным занятиям, часы	68
Самостоятельная работа, часы	76
Всего часов / зачетных единиц	144 / 4

Кафедра-разработчик программы: Электропривод и АПУ
(название кафедры)

Составитель: Б. Б. Скарыно, канд. техн. наук, доцент
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2021

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника № 144 от 28.02.2018 г., учебным планом рег. № 130302-5.1 от 30.08.2021 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Электропривод и АПУ»

30.08.2021 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  Г.С. Ленеvский

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом Белорусско-Российского университета

30.08.2021 г., протокол № 1.

Зам. председателя
Научно-методического совета

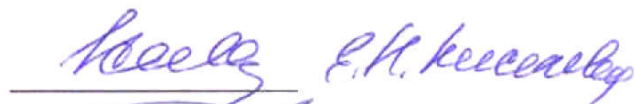
 С.А. Сухоцкий

Рецензент:

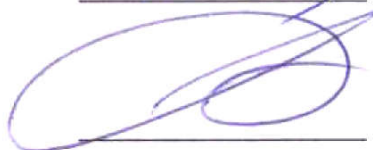
А. В. Яровой, директор унитарного частного производственного предприятия «Инвестпрограмма»

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического
отдела

 В.А. Кемова

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний об общих физических свойствах и характеристиках электромеханических систем как объекте автоматического управления на базе рассмотрения их обобщённых структур, а также изучение энергетики и основ выбора мощности силовых элементов электропривода.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- особенности эксплуатации и требования, предъявляемые к тяговым электроприводам;
- элементную базу преобразователей, механической и электрической частей приводов;
- характер нагрузок, воздействующих на привод;
- характеристики электродвигателей, используемых в тяговых приводах;
- способы изменения электромеханических и механических характеристик двигателей;
- принцип работы преобразователей постоянного и переменного тока в приводах;
- назначение и классификацию источников электрической энергии, используемых для питания тяговых электроприводов;
- характеристики источников питания;
- режимы работы тяговых приводов;
- способы регулирования скорости электропривода транспортных средств;
- принципы и способы управления тяговыми приводами;
- характеристики пуска и торможения (ХПТ) и характеристики систем управления (ХСУ);
- уравнение баланса мощности в тяговом электроприводе;

уметь:

- составлять структурные, расчетные и кинематические схемы различных типов приводов и преобразователей;
- составлять математические модели электрической части приводов с двигателями постоянного и переменного тока;
- составлять структурные схемы источников с различными типами накопителей энергии;
- определять устойчивость привода при воздействии на него различных факторов;
- описывать принцип работы различных типов приводов постоянного и переменного тока с резисторно-контакторными и полупроводниковыми регуляторами;
- использовать типовые узлы схем силовых цепей постоянного и переменного тока с резисторно-контакторными и полупроводниковыми регуляторами при разработке принципиальных электрических схем приводов;
- составлять структурную схему тепловой модели тягового двигателя как двухмассового объекта;
- обосновывать правильность выбора источников энергии для тяговых электроприводов;
- описывать принципы работы схем электрической части тяговых электроприводов;

владеть:

- навыками разработки требований к проектируемым тяговым электроприводам;
- навыками представления приводов в виде n-массовых моделей»;
- навыками анализа переходных процессов в тяговых электроприводах;

- навыками определения мощности тягового двигателя заданного транспортного средства;
- методом графического анализа устойчивости работы привода.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 "Дисциплины (модули)" (обязательная часть).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- Введение в ЭМС;
- Теоретические основы электротехники;
- Основы электропривода

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- Измерения в тяговом электроприводе;
- Электрический привод;
- Диагностика, эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины на лекционных и лабораторных занятиях, будут применены при прохождении производственной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы и дальнейшей профессиональной деятельности.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-1	<p>Способен осуществлять изучение и анализ научно-технической информации по направлению ПД</p> <p>ИД-1. Осуществляет изучение научно-технической информации по направлению профессиональной деятельности</p> <p>ИД-2. Анализирует научно-техническую информацию по направлению профессиональной деятельности</p>
ПК-5	<p>Способен рассчитывать режимы работы объектов ПД, обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике</p> <p>ИД-1. Рассчитывает режимы работы объектов ПД</p> <p>ИД-2. Обеспечивает требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике</p>
ПК-6	<p>Способен осуществлять сбор и анализ данных для проектирования объектов ПД</p> <p>ИД-1. Умеет выполнять сбор данных для проектирования объектов ПД</p> <p>ИД-2. Анализирует данные для проектирования объектов ПД</p>

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер темы	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
Вводная часть			
Тема 1	Структура и основные элементы тягового электропривода (ТЭП)	Назначение ТЭП. Определение ТЭП. Структурная схема ТЭП. Особенности условий работы и требования, предъявляемые к ТЭП. Классификация ТЭП. История развития ТЭП.	ПК-1 ПК-6
Раздел 1 – Механическая часть тягового электропривода			
Тема 2	Структура механической части ТЭП. Статические и динамические нагрузки ТЭП	Назначение, структура и основные элементы механической части ТЭП. Кинематические схемы механической части ТЭП. Статические нагрузки МЧ ТЭП. Динамические нагрузки МЧ ТЭП. Типовая пусковая диаграмма ТЭП.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 3	Расчётные схемы механической части ТЭП. Уравнения движения ТЭП	Закон сохранения энергии в механической системе. Приведение параметров элементов к расчётной скорости. Составление расчётных схем МЧ ТЭП. Уравнения движения ТЭП. Структурная схема трёхмассовой модели ТЭП с упругими связями.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Раздел 2 – Электрическая часть тягового электропривода			
Тема 4	Тяговые электрические двигатели постоянного тока	Электромеханические свойства и характеристики тягового электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения. Электромеханические свойства и характеристики тягового электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Электромеханические свойства и характеристики тягового электродвигателя постоянного тока смешанного возбуждения.	ПК-1 ПК-5
Тема 5	Тяговые электрические двигатели переменного тока	Электромеханические свойства и характеристики тягового асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Электромеханические свойства и характеристики тягового асинхронного электродвигателя с фазным ротором. Электромеханические свойства и характеристики тягового синхронного электродвигателя.	ПК-1 ПК-5
Раздел 3 – Энергетическая часть тягового электропривода			
Тема 6	Преобразователи тяговых электроприводов	Назначение и классификация преобразователей. Требования, предъявляемые к преобразователям. Преобразователи постоянно-постоянного тока. Преобразователи постоянно-переменного тока. Преобразователи переменного-постоянного тока. Преобразователи переменного-переменного тока.	ПК-1 ПК-5
Тема 7	Источники энергии для тяговых электроприводов	Назначение и классификация источников энергии. Источники централизованного	ПК-1 ПК-5

		снабжения ТЭП (системы постоянного тока, однофазного переменного тока, трёхфазного переменного тока). Автономные источники энергии ТЭП (электрохимические, механические, емкостные накопители энергии). Комбинированные источники питания ТЭП. Внешние характеристики источников.	
Раздел 4 – Динамика тяговых электроприводов			
Тема 8	Структурные схемы электроприводов как разомкнутых электромеханических систем	Уравнения и структурная схема ТЭП с ДПТ независимого возбуждения. Уравнения и структурная схема ТЭП с ДПТ последовательного возбуждения. Уравнения и структурная схема ТЭП с ДПТ смешанного возбуждения. Уравнения и структурная схема ТЭП с асинхронным двигателем. Уравнения и структурная схема ТЭП с синхронным двигателем.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 9	Тяговый электропривод как обобщённая электромеханическая система с линеаризованной механической характеристикой	Линеаризованная динамическая механическая характеристика ТЭП. Динамическая жёсткость. Обобщённые уравнения динамики электромеханической системы с тяговым двигателем, обладающим линейной (линеаризованной) характеристикой. Структурная схема обобщённой системы ТЭП и расчёт её параметров в зависимости от типа тягового электродвигателя.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 10	Устойчивость статического режима работы тягового электропривода	Анализ статической устойчивости ТЭП с двигателями постоянного и переменного тока. Статическая устойчивость ТЭП в режиме пуска. Статическая устойчивость ТЭП в режиме рекуперативного торможения. Статическая устойчивость ТЭП в режиме реостатного торможения. Статическая устойчивость ТЭП с двумя двигателями. Понятие о демпфировании ТЭП упругих механических колебаний.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 11	Переходные процессы в тяговых электроприводах и методы их анализа	Механические, электромеханические и электротепловые переходные процессы в ТЭП. Понятие об оптимальности переходного процесса. Электромеханические переходные процессы ТЭП с линейной МХ при $\omega_0 = \text{const}$. Электромеханические переходные процессы ТЭП с линейной МХ при $\omega_0 = f(t)$. Электромеханические переходные процессы ТЭП с асинхронным короткозамкнутым двигателем.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Раздел 5 – Управление тяговыми электроприводами			
Тема 12	Режимы работы тяговых электроприводов. Способы регулирования скорости движения транспортных средств	Основные режимы работы подвижного состава (длительный и повторно-кратковременный). Способы регулирования скорости ТЭП с двигателями постоянного тока. Характеристики, схемные решения. Способы регулирования скорости ТЭП с двигателями переменного тока. Характеристики, схемные решения. Формирование оптимальной кривой пуска ТЭП.	ПК-1 ПК-5
Тема 13	Принцип управления электродвигателями в электроприводах, классификация способов	Автоматическое, автоматизированное и непосредственное управление ТЭП. Формирование пусковых диаграмм ТЭП	ПК-1 ПК-5

	управления	в функции разных координат (времени, тока, напряжения, скорости) и их сравнение. Характеристики пуска и торможения (ХПТ) ТЭП. Характеристики системы управления (ХСУ). Определение статической устойчивости системы управления по ХПТ и ХСУ тягового ЭП. Типовые узлы резистивно-контакторного управления двигателями постоянного и переменного тока. Типовые узлы схем управления двигателями постоянного и переменного тока на базе бесконтактных элементов.	
Раздел 6 – Энергетика тягового электропривода			
Тема 14	Баланс мощности и энергетические характеристики тягового электропривода	Потребляемая тяговым электродвигателем энергия, создаваемое тяговое усилие, ускорение и скорость для классической схемы движения при пуске выбеге и торможении. Уравнение баланса мощности между потреблённой энергией от источника и реализованной энергией на движение транспортного средства (применительно для однодвигательного ТЭП). Определение циклового КПД ТЭП.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 15	Потери энергии в установившихся и переходных процессах тягового электропривода	Постоянные и переменные потери мощности в ТЭП постоянного и переменного тока в установившемся режиме работы. Составляющие потерь при параметрическом и энергетическом способе регулирования скорости ТЭП. Потери энергии в переходных процессах пуска и торможения ТЭП с двигателями постоянного и переменного тока.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 16	Нагревание и охлаждение тяговых электродвигателей	Анализ процессов нагревания и охлаждения тяговых электродвигателей. Зависимость срока службы тягового электродвигателя от его температуры для изоляции разных классов. Уравнение баланса тепловой энергии в тяговом электродвигателе. Двухмассовая тепловая модель тягового электродвигателя. Структурная схема двухмассовой тепловой модели тягового электродвигателя. Кривые нагрева и охлаждения тягового электродвигателя.	ПК-1 ПК-5 ПК-6
Тема 17	Определение мощности тягового электродвигателя	Методы определения мощности тягового электродвигателя (по эмпирическим зависимостям). Понятие удельной мощности тягового электродвигателя. Методика определения оптимальной величины мощности тягового двигателя. Анализ кривых движения и удельного расхода энергии для различных по мощности тяговых электродвигателей на стандартном перегоне и определение оптимальной мощности тягового электродвигателя.	ПК-1 ПК-5 ПК-6

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	Тема 1. Структура и основные элементы тягового электропривода (ТЭП)	2	ЛР № 0	2	1		
2	Тема 2. Структура механической части ТЭП. Статические и динамические нагрузки ТЭП	2	ЛР № 1. Исследование электропривода по системе «генератор - двигатель» (Г-Д) {лаб. стенд № 3}	2	3	ЗЛР	5
3	Тема 3. Расчётные схемы механической части ТЭП. Уравнения движения ТЭП	2	ЛР № 1	2	2		
4	Тема 4. Тяговые электрические двигатели постоянного тока	2	ЛР № 2. Исследование электропривода по системе «магнитный усилитель - двигатель» (МУ-Д) {лаб. стенд № 4}	2	3	ЗЛР	5
5	Тема 5. Тяговые электрические двигатели переменного тока	2	ЛР № 2	2	2		
6	Тема 6. Преобразователи тяговых электроприводов	2	ЛР № 3. Исследование электропривода по системе «электромашинный усилитель - двигатель» (ЭМУ-Д) {лаб. стенд № 5}	2	2	ЗЛР	5
7	Тема 7. Источники энергии для тяговых электроприводов	2	ЛР № 3	2	3	КР	10
8	Тема 8. Структурные схемы электроприводов как разомкнутых электромеханических систем	2	ЛР № 4. Исследование электропривода постоянного тока по системе «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» (ПТОР-Д) {лаб. стенд № 6}	2	3	ЗЛР ПКУ	5 30
Модуль 2							
9	Тема 9. Тяговый электропривод как обобщённая электромеханическая система с линеаризованной механической характеристикой	2	ЛР № 4	2	2		
10	Тема 10. Устойчивость статического режима работы тягового электропривода	2	ЛР № 5. Экспериментальное определение потерь энергии в переходных режимах работы ДПТ с НВ {лаб. стенд № 14}	2	3	ЗЛР	5
11	Тема 11. Переходные процессы в тяговых электроприводах и методы их анализа	2	ЛР № 5	2	2		
12	Тема 12. Режимы работы тяговых электроприводов. Способы регулирования скорости движения транспортных средств	2	ЛР № 6. Экспериментальное определение потерь энергии в переходных режимах работы АДКЗ {лаб. стенд № 15}	2	2	ЗЛР	5
13	Тема 13. Принцип управления электродвигателями в электроприводах, классификация способов управления	2	ЛР № 6	2	2		
14	Тема 14. Баланс мощности и энергетические характеристики тягового электропривода	2	ЛР № 7. Исследование нагрева и охлаждения двигателя {лаб. стенд № 20}	2	2	ЗЛР	5
15	Тема 15. Потери энергии в установившихся и переходных процессах тягового электропривода	2	ЛР № 7	2	2	КР	10
16	Тема 16. Нагревание и охлаждение тяговых электродвигателей	2	ЛР № 8. Исследование электропривода с маховиком при ударной нагрузке {лаб. стенд № 16}	2	3	ЗЛР	5
17	Тема 17. Определение мощности тягового электродвигателя	2	ЛР № 8	2	3	ПКУ	30
18-21					36	ПА (экзамен)	40
	Итого	34		34	76		100

Принятые обозначения:

Текущий контроль –

КР – контрольная работа;

ЗЛР – защита лабораторной работы;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА - Промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Экзамен

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий		Всего часов
		Лекции	Лабораторные занятия	
1	Традиционные	Темы 10-17		16
2	Мультимедиа	Темы 1-9		18
3	С использованием ЭВМ		Л. р. 1–8	34
	ИТОГО	34	34	68

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Экзаменационные билеты	1
3	Индивидуальные задания	4
4	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ	8

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
<i>Компетенция ПК-1. Способен осуществлять изучение и анализ научно-технической информации по направлению ПД</i>			
<i>ИД-1. Осуществляет изучение научно-технической информации по направлению профессиональной деятельности</i>			
1	Пороговый уровень	Осуществление поиска необходимой научно-технической информации по направ-	Умеет осуществлять поиск и знает источники научно-технической информации с отечественным и

		лению ПД	зарубежным опытом использования тяговых электроприводов
2	Продвинутый уровень	Знание основных принципов работы с научно-технической информацией по направлению ПД	Умеет собирать и структурировать изучаемую научно-техническую информацию; выделять наиболее значимое
3	Высокий уровень	Сформированность навыка работы с различными информационными источниками, высокая степень релевантности результата	Владеет навыками самостоятельного изучения научно-технической литературы по направлению ПД и обладает навыками решения профессиональных задач с широким использованием актуальной научно-технической литературы
<i>ИД-2. Анализирует научно-техническую информацию по направлению профессиональной деятельности</i>			
4	Пороговый уровень	Знание методов анализа научно-технической информации по направлению ПД	Знает методы анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по использованию тяговых электроприводов
5	Продвинутый уровень	Умение анализировать научно-техническую информацию по направлению ПД	Применяет в учебной деятельности методы анализа, систематизации и обобщения научно-технической информации из многочисленных источников
6	Высокий уровень	Готовность к использованию информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития	Владеет навыками на основе собранной информации выявлять тенденции, вскрывать причинно-следственные связи, определять цели, выбирать средства, выдвигать гипотезы и идеи и умело применяет их на практике
Компетенция ПК-5. Способен рассчитывать режимы работы объектов ПД, обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике			
<i>ИД-1. Рассчитывает режимы работы объектов ПД</i>			
7	Пороговый уровень	Знание режимов работы тяговых электроприводов	Знает основные режимы работы тяговых электроприводов
8	Продвинутый уровень	Знание схемных решений силовых электрических цепей тягового привода	Знает основные схемные решения силовых электрических цепей тягового привода с двигателями постоянного и переменного тока
9	Высокий уровень	Владение способами регулирования скорости ТЭП	Умеет применять способы регулирования скорости ТЭП с двигателями постоянного и переменного тока
<i>ИД-2. Обеспечивает требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике</i>			
10	Пороговый уровень	Понятие о принципах управления тяговым электроприводом	Знает классификацию способов управления тяговыми электроприводами
11	Продвинутый уровень	Знание характеристик пуска и торможения (ХПТ) и характеристик систем управления (ХСУ) ТЭП	Умеет определять статическую устойчивость системы управления по ХПТ и ХСУ тягового ЭП

12	Высокий уровень	Применение уравнения баланса мощности между потреблённой энергией от источника и реализованной энергией на движение транспортного средства (применительно для однодвигательного ТЭП).	Способен определить цикловой КПД ТЭП.
Компетенция ПК-6. Способен осуществлять сбор и анализ данных для проектирования объектов ПД			
<i>ИД-1. Умеет выполнять сбор данных для проектирования объектов ПД</i>			
13	Пороговый уровень	Знание схмотехнических решений тяговых электроприводов	Знает элементную базу преобразователей, механическую и электрическую части приводов, характеристики двигателей, используемых в тяговых приводах
14	Продвинутый уровень	Знание принципов работы тяговых электроприводов	Умеет описывать принцип работы различных типов приводов постоянного и переменного тока с резисторно-контактными и полупроводниковыми регуляторами
		Умение составлять функциональные и структурные схемы тягового электропривода	Умеет составлять структурные, расчётные и кинематические схемы различных типов приводов и преобразователей
15	Высокий уровень		
<i>ИД-2. Анализирует данные для проектирования объектов ПД</i>			
16	Пороговый уровень	Знание основных требований, предъявляемых к тяговым электроприводам	Знает особенности эксплуатации и требования, предъявляемые к тяговым электроприводам.
17	Продвинутый уровень	Понимание работы тягового электропривода	Обосновывает правильность выбора источников энергии для тяговых электроприводов; описывает принципы работы схем электрической части тяговых электроприводов
18	Высокий уровень	Понимание взаимосвязи задач проектирования электропривода и эксплуатации	Умеет анализировать устойчивость проектируемого тягового электропривода при воздействии на него различных факторов

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
Компетенция ПК-1	
<i>ИД-1. Осуществляет изучение научно-технической информации по направлению профессиональной деятельности</i>	Вопросы к экзамену Перечень заданий для контрольных работ Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ
<i>ИД-2. Анализирует научно-техническую информацию по направлению профессиональной деятельности</i>	Вопросы к экзамену Перечень заданий для контрольных работ Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ
Компетенция ПК-5	
<i>ИД-1. Рассчитывает режимы работы объек-</i>	Вопросы к экзамену Перечень заданий для контрольных работ

<i>тов ПД</i>	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ
<i>ИД-2. Обеспечивает требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике</i>	Вопросы к экзамену Перечень заданий для контрольных работ Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ
Компетенция ПК-6	
<i>ИД-1. Умеет выполнять сбор данных для проектирования объектов ПД</i>	Вопросы к экзамену Перечень заданий для контрольных работ Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ
<i>ИД-2. Анализирует данные для проектирования объектов ПД</i>	Вопросы к экзамену Перечень заданий для контрольных работ Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

К выполнению лабораторной работы допускается студент, имеющий отчет в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях и прошедший предлабораторный опрос, включающий тестовые вопросы по лабораторной работе.

Отработанную лабораторную работу студент защищает в устной беседе с преподавателем. Для конкретной оценки знаний студента следует руководствоваться следующими критериями:

Лабораторные работы № 1 ... 8	
Предлабораторный опрос	2 балла – студент отвечает верно на все вопросы предлабораторного теста 1 балл – студент ответил верно на 50 % вопросов предлабораторного теста 0 баллов студент получает, если не владеет материалом по теме лабораторной работы.
Защита лабораторной работы	3 балла – студент выполнил лабораторную работу, сделал выводы, усвоил учебно-программный материал, четко и полно отвечает на вопросы, демонстрирует полное владение материалом, знаком с основной и дополнительной литературой по теме лабораторной работы. 2 балла – студент выполнил лабораторную работу, сделал выводы, усвоил учебно-программный материал, четко и полно отвечает на вопросы. 1 балл – студент выполнил лабораторную работу, сделал выводы, но недостаточно четко и полно отвечает на вопросы.

5.4 Критерии оценки контрольных работ

Контрольные работы включают задачи по расчёту автоматизированного электропривода и его элементов и включают несколько типовых расчётных задач.

10-8 баллов – студент правильно и обоснованно выбирает методику решения задания, четко поясняет методику решения поставленной задачи. Получает численные значения результатов расчета и дает их аргументированное обоснование, правильно использует научную терминологию.

8-6 баллов – студент правильно выбирает методику решения задания, получает численные значения результатов расчета, правильно использует научную терминологию, допускает отдельные неточности, которые не влияют на конечный результат расчета.

6-4 баллов – студент правильно выбирает методику решения задания, правильно, с обоснованием, но расчет выполнен с ошибками, допускает отдельные неточности.

4-2 балла – студент правильно выбирает методику решения задания, но с ошибками составил уравнения.

2-1 балл – студент имеет общее представление о выборе методики решения практического задания, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

0 баллов – студент сдал пустой лист ответа или на нем написаны только задания контрольной работы.

5.5 Критерии оценки экзамена

Экзамен проводится по билетам. В экзаменационном билете три теоретических вопроса и одно практическое задание. Минимальное количество баллов на экзамене – 15, максимальное – 40.

Каждый из вопросов билета оценивается положительной оценкой до 10 баллов, дополнительный вопрос оценивается положительной оценкой до 10 баллов. Дополнительный вопрос задается в случае получения студентом менее 15 баллов при ответе на билет, либо для повышения результирующей оценки за ответы по билету.

Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям.

Теоретический вопрос:

10 баллов – глубокое, систематизированное и полное изложение теоретического материала по всем разделам учебной программы, точное использование научной терминологии, умение обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, давать развернутый и четкий ответ, как на поставленный вопрос, так и на дополнительные вопросы, выходящие за пределы учебной программы.

9 баллов – глубокое, систематизированное и полное изложение теоретического материала по всем разделам учебной программы, точное использование научной терминологии, умение обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, дает развернутый и четкий ответ, как на поставленный вопрос, так и на дополнительные вопросы в объеме учебной программы.

8 баллов – глубокие, систематизированные и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы, точное использование научной терминологии, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы.

7 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью делать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности, в том числе и на дополнительные вопросы.

6 баллов – студент хорошо понимает пройденный материал, отвечает правильно, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, обосновывает выводы и разъясняет их, но допускает ошибки общего характера.

5 баллов – студент понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновать некоторые выводы, допускает ошибки общего характера.

4 балла – студент отвечает в основном правильно на поставленный вопрос, но чувствуется механическое заучивание материала, отсутствует логическая последовательность при изложении ответа, не может ответить на дополнительные вопросы.

3 балла – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

Ниже 3 баллов – студент имеет общее представление о вопросе, ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

Практический вопрос:

10-8 баллов – студент правильно и обоснованно выбирает методику решения практического задания, четко поясняет методику решения поставленной задачи. Получает численные значения результатов расчета и дает их аргументированное обоснование, правильно использует научную терминологию.

8-6 баллов – студент правильно выбирает методику решения практического задания, получает численные значения результатов расчета, правильно использует научную терминологию, допускает отдельные неточности, которые не влияют на конечный результат расчета.

6-4 баллов – студент правильно выбирает методику решения практического задания, правильно, с обоснованием, но расчет выполнен с ошибками, допускает отдельные неточности, в том числе и при ответе на дополнительные вопросы.

4-2 балла – студент правильно выбирает методику решения практического задания, но с ошибками составил уравнения и не может ответить на дополнительные вопросы.

Ниже 2 баллов – студент имеет общее представление о выборе методики решения практического задания, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. Для самостоятельной работы рекомендуется использовать источники, приведенные в разделе 7, а также другие современные образовательные ресурсы. Самостоятельная работа студентов реализуется в виде аудиторной самостоятельной работы и внеаудиторной самостоятельной работы и включает следующие формы работ:

- изучение лекционного материала, предусматривающее проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;
- подготовка к аудиторным занятиям;
- решение индивидуальных заданий;
- подготовка к экзамену.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов хранится на кафедре.

Контроль самостоятельной работы является мотивирующим фактором образовательной деятельности студента. Контроль выполнения самостоятельной работы, отчет по самостоятельной работе должны быть индивидуальными.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента могут являться:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении лабораторных работ;
- обоснованность и чёткость изложения ответа;
- оформление отчётов по лабораторным работам в соответствии с предъявляемыми в требованиями;
- сформированные компетенции в соответствии с целями и задачами изучения дисциплины «Тяговый электропривод».

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В.В. Москаленко. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 364 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: https://znanium.com/	Рек. УМО вузов России по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учебн. для студ. высших уч. заведений, обуч. по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника»	https://znanium.com/catalog/product/1851452
2	Овсянников, Е. М. Электрический привод : учебник / Е. М. Овсянников. – М. : ФОРУМ, 2019. – 224 с. Режим доступа: https://znanium.com/	Рек. УМО вузов РФ по образованию в области трансп. машин и транспортно-техническ. комплексов в качестве учебного пособия для студ. вузов, обучающ. по спец. «Автомобиле- и тракторостроение»	https://znanium.com/catalog/product/987416

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	Овсянников, Е. М. Электрический привод : учебник для вузов / Е. М. Овсянников. – М. : ФОРУМ, 2016. – 224с.	Рек. УМО вузов РФ по образованию в области трансп. машин и трансп.-технологич. комплексов в качестве учебника для студентов вузов	30
2	Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В. В. Москаленко. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 364с. – (Высшее образование: Бакалавриат).	Рек. УМО вузов России по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учебника для студ. вузов	5
3	Бирюков, В. В. Тяговый электрический привод / Бирюков В. В., Порсев Е. Г. – Новосибирск : НГТУ, 2013. – 314 с. – Режим доступа: https://znanium.com/	Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия	https://znanium.com/catalog/product/548154
4	Бирюков, В. В. Автоматизированный тяговый электропривод : учебник / В. В. Бирюков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. – 323 с. – Режим доступа: https://znanium.com/	–	https://znanium.com/catalog/product/1867789
5	Смирнов, А. Ю. Электропривод с бесконтактными синхронными двигателями : учебное пособие / А. Ю. Смирнов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 200 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: https://znanium.com/	Рекомендовано Межрегиональным учебно-метод. советом проф. образования в кач. учебного пособия для студ. высших учебных заведений, обучающихся по напр. подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»	https://znanium.com/catalog/product/1192105

6	Неменко, А. В. Механические компоненты электропривода машин. Расчёт и проектирование : учеб. пособие / А. В. Неменко. – М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2017. – 343с.	–	15
7	Онищенко, Г. Б. Теория электрпривода : учебник / Г. Б. Онищенко. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 294с. – (Высшее образование: Бакалавриат).	Доп. УМО вузов России по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учеб. для студ. вузов	5
8	Электропривод типовых производственных механизмов : учеб. пособие для академ. бакалавриата / Ю. Н. Дементьев [и др.]. – М. : Юрайт, 2018. – 403с.	Доп. УМО по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учеб. пособия для студ. вузов	30
9	Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами : учеб. пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. – 224с.	Доп. УМО по образованию в обл. технологии и проектирования текстильных изделий в качестве учеб. пособия для студ. вузов	15

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

Адрес ресурса	Описание электронной библиотеки
www.npa.by	Государственный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь
http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
www.electrik.org	Информационный портал инженеров-электриков и энергетиков
http://electrolibrary.info	Электронная электротехническая библиотека
https://cyberleninka.ru	Научная электронная библиотека открытого доступа
http://znanium.com	Электронная библиотечная система
ru.wikipedia.org	Свободная интернет-энциклопедия
http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai	Электротехнический портал для студентов ВУЗов электротехнических специальностей и инженеров
https://electrosam.ru	Информационно-познавательный сайт «Электросам.Ру»
http://electricalschool.info	Образовательный сайт «Школа для электрика»

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1. Методические рекомендации к лабораторным работам (электронный вариант)

7.4.2 Информационные технологии

Тема 1. Структура и основные элементы тягового электропривода (ТЭП)

Тема 2. Структура механической части ТЭП. Статические и динамические нагрузки ТЭП

Тема 3. Расчётные схемы механической части ТЭП. Уравнения движения ТЭП

Тема 4. Тяговые электрические двигатели постоянного тока

Тема 5. Тяговые электрические двигатели переменного тока

Тема 6. Преобразователи тяговых электроприводов

Тема 7. Источники энергии для тяговых электроприводов

Тема 8. Структурные схемы электроприводов как разомкнутых электромеханических систем

Тема 9. Тяговый электропривод как обобщённая электромеханическая система с линейризованной механической характеристикой

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

1. Математический пакет MathCad.
2. Приложения Simulink и SimPowerSystems математического пакета Matlab.
3. Текстовый редактор Microsoft Word или freeware-аналог.
4. Программа подготовки и просмотра презентаций Microsoft PowerPoint или freeware-аналог

Программное обеспечение, на которое вуз имеет лицензию, – 1

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД», аудитория 204, корп. 2, рег. номер ПУЛ-4.205-204/2-20.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

по учебной дисциплине «Тяговый электропривод»

направлению подготовки 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

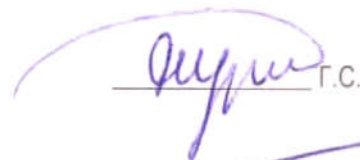
направленности (профилю) Электрооборудование автомобилей и электромобили

на 2022-2023 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1	Дополнений и изменений нет	Протокол № 9 от 30 марта 2022 г

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок»
(Протокол № 9 от 30 марта 2022 г.)

Заведующий кафедрой:
кандидат технических наук, доцент


Г.С. Ленеvский

УТВЕРЖДАЮ

Декан электротехнического факультета
кандидат технических наук, доцент


С.В. Болотов


«20» 06 2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Ведущий библиотекарь


В.А. Кемова

Начальник учебно-методического
отдела


В.А. Кемова

«20» 06 2022 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

по учебной дисциплине «Тяговый электропривод»
направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
направленности (профилю) Электрооборудование автомобилей и электромобили
на 2023–2024 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения			Основание
1.	Внести изменения в пункт 7.2. Дополнительная литература			Пополнение библиотечного фонда
№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL	
10.	Овсянников, Е. М. Оптимальное управление тяговыми электроприводами : монография / Е.М. Овсянников, Т.Б. Гайтова. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 307 с. – Режим доступа: https://znanium.com/	—	https://znanium.com/catalog/product/1141767	

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» (протокол №6 от 14 февраля 2023 г.)

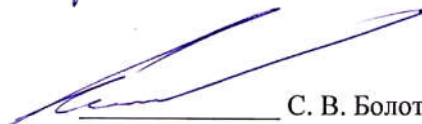
Заведующий кафедрой
кандидат технических наук, доцент



А. С. Коваль

УТВЕРЖДАЮ

Декан электротехнического факультета
кандидат технических наук, доцент




С. В. Болотов

15 05 2023

СОГЛАСОВАНО:

Ведущий библиотекарь




О. Е. Печковская

Начальник учебно-методического
отдела

15 05 2023