

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрический транспорт

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	6 семестр - 12 часов;
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 73,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Девликамов Р.М.
	Идентификатор	R220836e3-DevlikamovRM-de4b9a...

(подпись)

Р.М. Девликамов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глушенков В.А.
	Идентификатор	R5e5809b4-GlushenkovVA-5aef358...

(подпись)

В.А. Глушенков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Румянцев М.Ю.
	Идентификатор	R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f...

(подпись)

М.Ю. Румянцев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение методов расчета и проектирования тяговых электрических машин для последующего использования при разработке тяговых электроприводов.

Задачи дисциплины

- Дать представление об особенностях конструкции тяговых электрических машин;
- Познакомить обучающихся с методами расчета элементов тяговых машин;
- Научить принимать и обосновывать технические решения при проектировании тяговых машин.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-5 Способен учитывать параметры и характеристики основных элементов, применяемых в устройствах тягового электроснабжения	ИД-1 _{ПК-5} Демонстрирует знание характеристик и режимов работы основного оборудования тяговых подстанций	знать: - Влияние питающего напряжения на работу тяговых машин. уметь: - Анализировать особенности питания тяговых машин от выпрямительных установок.
ПК-5 Способен учитывать параметры и характеристики основных элементов, применяемых в устройствах тягового электроснабжения	ИД-2 _{ПК-5} Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем тягового электроснабжения	знать: - Основные источники научно-технической информации по конструкциям и стандартам защиты электромеханических преобразователей. уметь: - Рассчитывать основные элементы тяговых электрических машин и оценивать их механическую прочность.
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-1 _{ПК-6} Демонстрирует знание ограничений допустимых режимов работы электроподвижного состава и способы их обеспечения	знать: - Информационные технологии и современные средства компьютерной графики при проектировании тяговых машин. уметь: - Уметь планировать экспериментальные исследования.
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-2 _{ПК-6} Демонстрирует способность производить расчет требуемых режимов работы тягового электрооборудования	знать: - Технические средства для измерения параметров и характеристик тяговых электрических машин. уметь: - Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-З _{ПК-6} Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы графического отображения геометрических образов элементов тяговых машин. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Анализировать информацию о новых типах и технологиях производства тяговых машин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрический транспорт (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основные источники научно-технической информации по конструкциям и стандартам защиты электромеханических преобразователей
- знать Информационные технологии и современные средства компьютерной графики
- знать Технические средства для измерения параметров и характеристик тяговых электрических машин
- знать Методы графического отображения геометрических образов элементов тяговых машин
- уметь Рассчитывать основные элементы тяговых электрических машин
- уметь Планировать экспериментальные исследования
- уметь Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи
- уметь Анализировать информацию о новых типах и технологиях производства тяговых машин

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Условия работы тяговых электрических машин	12	6	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 6 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 6-9	
1.1	Тяговые электрические машины	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
2	Характеристики тяговых машин постоянного тока	21		4	4	4	-	1	-	-	-	8	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 6 -33 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 11-17 [2], 143-233 [4], 1-15 [5], 20-48, 102-125
2.1	Характеристики тяговых машин постоянного тока	21		4	4	4	-	1	-	-	-	8	-		
3	Коммутация в машинах постоянного тока	14		5	-	4	-	-	-	-	-	5	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 34 - 61 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 35-43 [3], 293-295
3.1	Коммутация в машинах постоянного тока	14		5	-	4	-	-	-	-	-	5	-		
4	Тяговые машины пульсирующего тока	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 63 - 97 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 21-30
4.1	Тяговые машины пульсирующего тока	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
5	Бесколлекторные тяговые машины	21		5	4	4	-	-	-	-	-	8	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 98 - 140
5.1	Бесколлекторные	21		5	4	4	-	-	-	-	-	8	-		

	тяговые машины												<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 98-138 [4], 24=30
6	Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин	10	3	-	4	-	-	-	-	-	3	-	<i><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></i> [2] <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 92-98
6.1	Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин	10	3	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
7	Конструкция тяговых машин	20	3	4	4	-	1	-	-	-	8	-	<i><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></i> [1], стр. 169 - 224 <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 169-220
7.1	Конструкция тяговых машин	20	3	4	4	-	1	-	-	-	8	-	
	Экзамен	34.0	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	12	28	-	2	-	-	0.5	40	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	12	28		2		-	0.5		73.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Условия работы тяговых электрических машин

1.1. Тяговые электрические машины

Назначение и виды электрических тяговых машин. Влияние факторов внешней среды (температура, осадки, механические частицы). Динамические нагрузки при движении электрического транспорта. Токовые нагрузки. Габаритные ограничения. Российские и международные стандарты защиты электрооборудования.

2. Характеристики тяговых машин постоянного тока

2.1. Характеристики тяговых машин постоянного тока

Электромеханические и магнитные характеристики, номинальные и предельные параметры. Регулирование режимов работы тяговых машин. Способы регулирования скорости включением резистора в цепь якоря и изменением магнитного потока машины.

3. Коммутация в машинах постоянного тока

3.1. Коммутация в машинах постоянного тока

Токомьем на коллекторе и требования к нему. Влияние механических возмущений на токомьем, материалы для щеточно-коллекторных узлов. Коммутация в установившихся режимах работы. Параметры, характеристики и расчет добавочных полюсов. Дугообразование на коллекторе и меры его предотвращения. Ограничения по межламельному напряжению и реактивной ЭДС, способы повышения потенциальной устойчивости тяговой машины.

4. Тяговые машины пульсирующего тока

4.1. Тяговые машины пульсирующего тока

Область использования и особенности питания тяговых машин от выпрямительных установок. Снижение пульсаций тока. Магнитные поля в машинах пульсирующего тока. Особенности коммутационного процесса на коллекторе. Способы компенсации переменной составляющей реактивной ЭДС, особенности распределения напряжения по окружности коллектора. Добавочные потери в машинах пульсирующего тока. Регулирование скорости и силы тяги (торможения) ЭПС с тяговыми машинами пульсирующего тока.

5. Бесколлекторные тяговые машины

5.1. Бесколлекторные тяговые машины

Сравнительные характеристики коллекторных и бесколлекторных тяговых машин. Типы бесколлекторных машин, применяемых на электрическом транспорте. Режимы работы и характеристики асинхронных тяговых машин. Частотное регулирование скорости и силы тяги (торможения). Схемы питания от статических преобразователей частоты, условия параллельной работы. Особенности конструкции и работы вентильных и линейных тяговых машин. Вентильно-индукторные тяговые машины, особенности конструкции и регулирования режимов работы.

6. Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин

6.1. Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин

Особенности и способы импульсного регулирования на ЭПС. Элементная база и схемы импульсных регуляторов для коллекторных и бесколлекторных тяговых машин. Электромеханические и тяговые характеристики при импульсном регулировании. Особенности управления вентильно-индукторными тяговыми машинами, применение микропроцессорных систем для управления.

7. Конструкция тяговых машин

7.1. Конструкция тяговых машин

Факторы, влияющие на конструкцию тяговых машин. Соотношения между основными параметрами тяговых машин и тяговых передач. Нагревание и охлаждение тяговых машин, допустимые температуры. Способы отвода тепла, системы вентиляции и их конструкция. Автоматизированное проектирование тяговых машин: программное обеспечение, состав исходных данных, представление результатов проектирования.

3.3. Темы практических занятий

1. Исходные данные и методика расчета основных номинальных параметров тяговой машины;
2. Методика расчета активного слоя якоря;
3. Методика расчета магнитной цепи;
4. Методика расчета коммутации;
5. Методика расчета компенсационной обмотки;
6. Методика теплового расчета обмоток тяговой машины;
7. Методика расчета потерь и КПД в номинальном режиме работы тяговой машины.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Предельные параметры ТЭД;
2. Магнитные характеристики ТЭД;
3. Характеристики ТЭД в режиме электрического торможения;
4. Использование метода тепловых схем для определения нагрева ТЭД.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
Знать:										
Влияние питающего напряжения на работу тяговых машин	ИД-1ПК-5				+					Контрольная работа/Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин
Основные источники научно-технической информации по конструкциям и стандартам защиты электромеханических преобразователей	ИД-2ПК-5								+	Контрольная работа/Коммутация в машинах постоянного тока
Информационные технологии и современные средства компьютерной графики при проектировании тяговых машин	ИД-1ПК-6		+							Контрольная работа/Характеристики тяговых машин постоянного тока
Технические средства для измерения параметров и характеристик тяговых электрических машин	ИД-2ПК-6				+					Контрольная работа/Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин
Методы графического отображения геометрических образов элементов тяговых машин	ИД-3ПК-6			+						Контрольная работа/Коммутация в машинах постоянного тока
Уметь:										
Анализировать особенности питания тяговых машин от выпрямительных установок	ИД-1ПК-5	+								Контрольная работа/Характеристики тяговых машин постоянного тока
Рассчитывать основные элементы тяговых электрических машин и оценивать их механическую прочность	ИД-2ПК-5								+	Контрольная работа/Бесколлекторные тяговые машины
Уметь планировать экспериментальные исследования	ИД-1ПК-6							+		Контрольная работа/Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин
Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ИД-2ПК-6	+								Контрольная работа/Коммутация в машинах постоянного тока
Анализировать информацию о новых типах и	ИД-3ПК-6					+				Контрольная работа/Бесколлекторные

технологиях производства тяговых машин									тяговые машины
--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Бесколлекторные тяговые машины (Контрольная работа)
2. Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин (Контрольная работа)
3. Коммутация в машинах постоянного тока (Контрольная работа)
4. Характеристики тяговых машин постоянного тока (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Захарченко, Д. Д. Тяговые электрические машины : учебник для вузов по специальностям железнодорожного транспорта / Д. Д. Захарченко . – М. : Транспорт, 1991 . – 343 с. - ISBN 5-277-01514-0 .;
2. Розенфельд, В. Е. Теория электрической тяги : Учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Транспорт, 1983 . – 328 с.;
3. Беспалов, В. Я. Электрические машины : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : Академия, 2013 . – 320 с. – (Высшее профессиональное образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-7695-8497-8 .;
4. Абакумов А. М., Григоровский Б. К.- "Конспект лекций по дисциплине "Электрические машины и электропривод". Ч. 1" Ч. 1, Издательство: "СамГУПС", Самара, 2006 - (135 с.) <https://e.lanbook.com/book/130260>;
5. Битюцкий И. Б., Музылева И. В.- "Электрические машины. Двигатель постоянного тока. Курсовое проектирование", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (168 с.) <https://e.lanbook.com/book/99215>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Компас 3D;
2. Scilab;
3. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
18. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
19. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
20. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
21. Информиио - <https://www.informio.ru/>
22. АНО «Россия – страна возможностей» - <https://rsv.ru/education/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-402, Учебная аудитория	стол, стул, трибуна, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-406, Вычислительный центр	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-406, Вычислительный центр	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной	Т-403, Учебная аудитория	стол, стул, трибуна, вешалка для одежды, доска меловая,

аттестации		мультимедийный проектор, ноутбук, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	Т-124а, Кабинет сотрудников	стул, шкаф для документов, стол письменный
Помещения для консультирования	Т-201, Кабинет сотрудников	стеллаж для хранения книг, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-120, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Тяговые электрические машины

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Характеристики тяговых машин постоянного тока (Контрольная работа)
- КМ-2 Коммутация в машинах постоянного тока (Контрольная работа)
- КМ-3 Бесколлекторные тяговые машины (Контрольная работа)
- КМ-4 Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Условия работы тяговых электрических машин					
1.1	Тяговые электрические машины		+	+		
2	Характеристики тяговых машин постоянного тока					
2.1	Характеристики тяговых машин постоянного тока		+			
3	Коммутация в машинах постоянного тока					
3.1	Коммутация в машинах постоянного тока			+		
4	Тяговые машины пульсирующего тока					
4.1	Тяговые машины пульсирующего тока					+
5	Бесколлекторные тяговые машины					
5.1	Бесколлекторные тяговые машины				+	
6	Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин					
6.1	Импульсные регуляторы напряжения и возбуждения тяговых машин					+
7	Конструкция тяговых машин					
7.1	Конструкция тяговых машин			+	+	
Вес КМ, %:			25	25	25	25