

**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
ОСНОВЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 8;
Часов (всего) по учебному плану:	288 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 64 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	7 семестр - 169,2 часа;
в том числе на КП/КР	7 семестр - 135,7 часа;
Иная контактная работа	7 семестр - 4 часа;
включая: Проверочная работа Семинар Контрольная работа Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	7 семестр - 0,4 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,4 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Саможей О.С.
	Идентификатор	R058c8cab-SamozheyOS-273aedb

(подпись)

О.С. Саможей

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

В.А. Глушников

(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-eafe308

(подпись)

М.Ю. Румянцев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: приобретение навыков проектирования систем тягового электроснабжения и обоснования принимаемых технических решений при создании систем с учетом современных направлений развития электротехнического и транспортного оборудования

Задачи дисциплины

- освоение методов проектирования систем внешнего и тягового электроснабжения;
- овладение навыками применения современных методов автоматизированного моделирования и проектирования при разработке систем электроснабжения;
- знание современного электротехнического оборудования.

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-2 Способен понимать общие принципы построения и функционирования систем автоматического управления	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем автоматического управления	знать: - методы проектирования, анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений.
ПК-2 Способен понимать общие принципы построения и функционирования систем автоматического управления	ИД-2 _{ПК-2} Выполняет анализ простых систем автоматического управления	знать: - современные методы исследования, оценки и представления результатов выполнения работы.
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: - режимы и параметры технологического процесса изготовления основных элементов, применяемых в устройствах внешнего и тягового электроснабжения.
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: - методы расчета и оценки режимов работы проектируемых транспортных систем.
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	уметь: - обеспечивать требуемые режимы работы проектируемых объектов; - производить проверку оборудования на электродинамическую и термическую стойкость.
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового	ИД-2 _{ПК-6} Демонстрирует способность производить расчет требуемых режимов работы тягового	уметь: - решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
электрооборудования	электрооборудования	
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-ЗПК-6 Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования по оформлению чертежей и расчетов при разработке документации.

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 Теоретические основы электротехники
- знать Общая энергетика
- знать Информационные технологии в тяговом электроснабжении
- уметь Пользоваться графическими инструментами
- уметь Выполнять расчеты, используя ПК

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 8 зачетных единиц, 288 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	Электроснабжение электрического транспорта. Системы и схемы электроснабжения	16	7	6	-	10	-	-	-	-	-	-	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 228-233, 334-340 [2], 65-133	
1.1	Общая характеристика электрического транспорта. Системы внешнего электроснабжения	6		2	-	4	-	-	-	-	-	-	-		
1.2	Структурные схемы тяговых подстанций постоянного и переменного тока, основное оборудование	10		4	-	6	-	-	-	-	-	-	-		
2	Оборудование электротяговых подстанций	40		14	-	26	-	-	-	-	-	-	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 228-325 [2], 139-204 [3], 7-16, 21-29, 35-41, 47-50, 57-69, 85-90, 92-100, 112-120, 128-137, 154-176
2.1	Короткие замыкания в трехфазных электрических системах. Расчет токов короткого замыкания	22		8	-	14	-	-	-	-	-	-	-		
2.2	Силовые, коммутационные и	12	4	-	8	-	-	-	-	-	-	-			

	защитные устройства и аппараты												
2.3	Принципы автоматического, телемеханического и микропроцессорного управления оборудованием устройств электроснабжения	6	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Распределительные и тяговые сети	40	12	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-
3.1	Распределительные и тяговые сети. Электрические расчеты распределительных и тяговых сетей.	20	4	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2	Расчет потерь мощности в распределительных сетях и трансформаторах	14	6	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3	Качество электрической энергии в распределительных и тяговых сетях	6	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	Экзамен	35.9	-	-	-	-	2	-	-	0.4	-	-	33.5
	Курсовой проект (КП)	156.1	-	-	-	16	-	4	-	0.4	135.7	-	-
	Всего за семестр	288.0	32	-	64	16	2	4	-	0.8	135.7	33.5	
	Итого за семестр	288.0	32	-	64	18		4		0.8	169.2		

Изучение материалов литературных источников:

[1], 340-459
[2], 205-264

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. Электроснабжение электрического транспорта. Системы и схемы электроснабжения

1.1. Общая характеристика электрического транспорта. Системы внешнего электроснабжения

Электрический транспорт: этапы развития, общая характеристика. Классификация электрического транспорта. Типы и особенности магистрального, городского, промышленного транспорта. Структурные схемы электроснабжения и преобразования энергии на электрическом транспорте. Системы тягового электроснабжения и бортовые источники питания. Параметры электрического транспорта. Существующие ограничения и критерии выбора систем тягового электропривода. Энергетические и экологические проблемы электрического транспорта. Общие сведения о системах внешнего электроснабжения. Общие сведения внешнего электроснабжения. Тяговая подстанция – элемент системы электроснабжения электрического транспорта. Структурные связи с источниками и потребителями..

1.2. Структурные схемы тяговых подстанций постоянного и переменного тока, основное оборудование

Особенности схем тяговых подстанций переменного тока. Структурные схемы тяговых подстанций магистрального транспорта постоянного тока, метрополитена и городского электрического транспорта. Основное оборудование: трансформаторы, преобразовательные агрегаты, коммутационные и защитные аппараты – общие сведения..

2. Оборудование электротяговых подстанций

2.1. Короткие замыкания в трехфазных электрических системах. Расчет токов короткого замыкания

Короткие замыкания в трехфазных сетях внешнего электроснабжения и на тяговых подстанциях. Виды, причины и последствия коротких замыканий. Переходные процессы при коротких замыканиях. Методы расчетов токов короткого замыкания: относительных и именованных единиц, практические и упрощенный метод расчета. Расчет токов короткого замыкания в установках до 1000 В..

2.2. Силовые, коммутационные и защитные устройства и аппараты

Трансформаторы, выпрямители, инверторы тяговых подстанций: основные технические, конструкционные и электрические характеристики и параметры. Распределительные устройства высокого напряжения: закрытые, комплектные, открытые. Расчетные условия для выбора проводников и аппаратов по продолжительным режимам работы; проверка по режиму короткого замыкания. Коммутационные аппараты выше 1 кВ: выключатели высокого напряжения, короткозамыкатели, разъединители, измерительные трансформаторы тока и напряжения..

2.3. Принципы автоматического, телемеханического и микропроцессорного управления оборудованием устройств электроснабжения

Основные сведения об элементах и принципах построения систем автоматики и телемеханики электроснабжающих устройств на транспорте. Телемеханические системы «Лисна», «Моторолла», «МСТ-95», «ЭЛОТ-2100» и др. Информационно-управляющие системы с применением микропроцессорных устройств..

3. Распределительные и тяговые сети

3.1. Распределительные и тяговые сети. Электрические расчеты распределительных и тяговых сетей.

Классификация распределительных и тяговых сетей. Материалы, используемые в тяговых сетях, их механические и электрические параметры. Механические расчеты контактных проводов и тросов. Уравнение состояния контактных подвесок. Эластичность контактной сети. Условия скоростного токосяема. Расчет сети на потерю напряжения. Определение минимально допустимых сечений проводов и кабелей по потере напряжения..

3.2. Расчет потерь мощности в распределительных сетях и трансформаторах

Методы расчета потерь энергии в распределительных сетях. Особенности расчета потерь мощности и энергии в тяговой сети. Мероприятия и технические решения по снижению потерь энергии в тяговых сетях. Выбор сечений проводов и кабелей по условиям нагревания..

3.3. Качество электрической энергии в распределительных и тяговых сетях

Мероприятия и технические решения по снижению уровней высших гармонических и асимметрии в тяговых сетях. Компенсация реактивной мощности. Комбинированные устройства симметрирования и компенсации с микропроцессорными системами управления.

3.3. Темы практических занятий

1. Определение нагрузок на тяговые подстанции с учетом подвижного состава и пассажиропотоков;
2. Методы расчета потери мощности в тяговой сети и трансформаторах;
3. Методы расчета потерь мощности в распределительных сетях;
4. Типы контактных сетей подвесок. Электрические расчеты. Контактные сети;
5. Особенности распределительных и тяговых сетей;
6. Расчет сечения токоведущих проводников (шин, проводов, кабелей), электродинамическая и термическая устойчивость;
7. Выбор силового и коммутационного оборудования, основные условия выбора;
8. Составление расчетной схемы для определения токов короткого замыкания;
9. Составление структурных схем участков транспортной системы.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

7 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Проектирование электротяговой подстанции городского электрического транспорта

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 14	15 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	1	1	1	Защита курсового проекта
Объем	10	25	25	40	-

раздела, %					
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	35	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Задание КП.

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	
Знать:					
методы проектирования, анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений	ИД-1ПК-2	+		+	Контрольная работа/КМ5
современные методы исследования, оценки и представления результатов выполнения работы	ИД-2ПК-2	+	+		Решение задач/КМ4
режимы и параметры технологического процесса изготовления основных элементов, применяемых в устройствах внешнего и тягового электроснабжения	ИД-1ПК-5			+	Семинар/км.2
методы расчета и оценки режимов работы проектируемых транспортных систем	ИД-2ПК-5		+		Контрольная работа/3. КМ3
требования по оформлению чертежей и расчетов при разработке документации	ИД-3ПК-6			+	Проверочная работа/КМ1
Уметь:					
производить проверку оборудования на электродинамическую и термическую стойкость	ИД-1ПК-6		+		Семинар/км.2
обеспечивать требуемые режимы работы проектируемых объектов	ИД-1ПК-6		+		Контрольная работа/3. КМ3
решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения	ИД-2ПК-6			+	Контрольная работа/3. КМ3

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. 3. КМ3 (Контрольная работа)
2. КМ1 (Проверочная работа)
3. КМ4 (Решение задач)

Форма реализации: Смешанная форма

1. КМ5 (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. км.2 (Семинар)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №7)

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Основы электрического транспорта : учебник для вузов по специальности "Электрический транспорт" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / М. А. Слепцов, [и др.] ; общ. ред. М. А. Слепцов . – М. : Академия, 2006 . – 464 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 5-7695-2279-8 . ;
2. Сопов, В. И. Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе : учебник для вузов по направлению 140400 "Энергетика и электротехника" модуль "Электротехника" / В. И. Сопов, Н. И. Щуров . – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013 . – 728 с. – (Учебники НГТУ) . - ISBN 978-5-7782-2068-3 . ;
3. "Аппаратура тяговых и трансформаторных подстанций", Издательство: "ИрГУПС", Иркутск, 2017 - (180 с.)
<https://e.lanbook.com/book/134713>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Scilab;
2. 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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

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-403, Учебная аудитория	стол, стул, трибуна, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, ноутбук, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-326а, Лаборатория каф. "ЭКАОиЭТ"	стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, лабораторный стенд, станок для ручной обработки (фрезерный, токарный, заточной, сверлильный)
Помещения для самостоятельной работы	Т-124а, Кабинет сотрудников	стул, шкаф для документов, стол письменный
Помещения для консультирования	Т-403, Учебная аудитория	стол, стул, трибуна, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, ноутбук, стенд информационный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-120, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы электрического транспорта

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ1 (Проверочная работа)

КМ-2 км.2 (Семинар)

КМ-3 3. КМ3 (Контрольная работа)

КМ-4 КМ4 (Решение задач)

КМ-5 КМ5 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Электроснабжение электрического транспорта. Системы и схемы электроснабжения						
1.1	Общая характеристика электрического транспорта. Системы внешнего электроснабжения					+	
1.2	Структурные схемы тяговых подстанций постоянного и переменного тока, основное оборудование						+
2	Оборудование электротяговых подстанций						
2.1	Короткие замыкания в трехфазных электрических системах. Расчет токов короткого замыкания				+		
2.2	Силовые, коммутационные и защитные устройства и аппараты			+	+		
2.3	Принципы автоматического, телемеханического и микропроцессорного управления оборудованием устройств электроснабжения					+	
3	Распределительные и тяговые сети						
3.1	Распределительные и тяговые сети. Электрические расчеты распределительных и тяговых сетей.			+	+		
3.2	Расчет потерь мощности в распределительных сетях и трансформаторах		+				
3.3	Качество электрической энергии в распределительных и тяговых сетях						+
Вес КМ, %:			10	15	25	25	25

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Основы электрического транспорта

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Раздел 1. Оформление задания, выбор количества агрегатов.

КМ-2 Раздел 2. Расчет токов КЗ.

КМ-3 Раздел 3. Выбор оборудования

КМ-4 Раздел 4. Построение схем электрических принципиальных.

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	8	12	14	16
1	Задание КП.		+	+	+	+
Вес КМ, %:			10	25	25	40