

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электродвижение и электроснабжение наземных транспортных средств

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	2 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 77,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа Решение задач	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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)

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


(подпись)

О.С. Саможей

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении теории и методов расчета оборудования тяговых подстанций в стационарных и аварийных режимах и особенностей проектирования систем тягового электроснабжения с применением средств прикладного программного обеспечения.

### Задачи дисциплины

- • освоение методов расчета основных параметров электрооборудования тяговых подстанций и проверки его работоспособности при коротких замыканиях и перегрузках с использованием инструментов компьютерного проектирования;;
- • изучение физических процессов при переходных процессах в системах тягового электроснабжения и преобразователях при нарушении внешнего электроснабжения и изменении нагрузки в тяговой сети;;
- • приобретение навыков принимать и обосновывать конкретные решения в процессе проектирования систем тягового электроснабжения..

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 рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует способность производить расчет требуемых режимов работы тягового электрооборудования	знать: - методы создания (проектирования), анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений.  уметь: - - вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств..
ПК-2 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования	знать: - особенности работы оборудования тяговых подстанций по роду тока.  уметь: - - разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;.
ПК-5 Способен учитывать параметры и характеристики основных элементов, применяемых в устройствах тягового электроснабжения	ИД-1 <sub>ПК-5</sub> Демонстрирует знание характеристик и режимов работы основного оборудования тяговых подстанций	знать: - особенности работы транспортных систем.  уметь: - - применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;.
ПК-5 Способен учитывать параметры и	ИД-2 <sub>ПК-5</sub> Демонстрирует понимание принципов	знать: - структурные схемы электроснабжения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
характеристики основных элементов, применяемых в устройствах тягового электроснабжения	построения и функционирования систем тягового электроснабжения	электрического транспорта. уметь: - - решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения..
ПК-7 Способен создавать и анализировать модели для прогнозирования свойств основных элементов электрического транспорта	ИД-2ПК-7 Выполняет анализ компьютерных моделей устройств электрической тяги	знать: - основы устройства и принцип работы оборудования подстанций.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электродвижение и электроснабжение наземных транспортных средств (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Силовое оборудование
- знать Основы электрического транспорта
- знать Основы теории движения
- уметь Строить графические схемы
- уметь Выбирать оборудование по заданным параметрам

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	Тяговые подстанции - элемент электрической системы.	16	2	8	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 139-146 [3], 228-250 [7], 39-51
1.1	Тяговые подстанции - элемент электрической системы.	16		8	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
2	Электрическое оборудование тяговых подстанций.	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 146-171 [5], 56-72
2.1	Электрическое оборудование тяговых подстанций.	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
3	Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.	40		6	16	4	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 12-34 [6], 20-50
3.1	Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.	40		6	16	4	-	-	-	-	-	14	-	
4	Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях.	14		6	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 286-334
4.1	Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях.	14		6	-	2	-	-	-	-	-	6	-	

5	Системы управления, контроля и защиты.	20		6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 208-260
5.1	Системы управления, контроля и защиты.	20		6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>44</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>77.5</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Тяговые подстанции - элемент электрической системы.

##### 1.1. Тяговые подстанции - элемент электрической системы.

Тяговые подстанции постоянного и переменного тока.. Схемы внешнего электроснабжения, их сравнительная характеристика, способы резервирования.. Распределительные устройства переменного тока тяговых электрического транспорта. Электроснабжение нетяговых потребителей.. Электрические схемы тяговых подстанций постоянного тока. Основные структурные элементы и схемы их соединения. РУ переменного тока 110-220 кВ. Электрические схемы тяговых подстанций метрополитена и городского электрического транспорта. РУ переменного тока 10 кВ.. Распределительные устройства постоянного тока. Релейная защита вводов..

#### 2. Электрическое оборудование тяговых подстанций.

##### 2.1. Электрическое оборудование тяговых подстанций.

Основное электрооборудование тяговых подстанций переменного и постоянного тока.. Двухобмоточные и трехобмоточные преобразовательные трансформаторы, трансформаторы с расщепленными обмотками.. Высоковольтные выключатели, отделители, короткозамыкатели (назначение, конструкция, схемы включения).. Шины, провода и кабели, изоляторы. Аварийные режимы и их отключение. Тиристорные выключатели. Выключатели автоматические быстродействующие. Выбор уставок отключающих устройств, бездуговое, отключение цепей постоянного тока..

#### 3. Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.

##### 3.1. Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.

Электрические схемы, основные параметры и расчетные соотношения преобразовательных агрегатов.. Коммутация вентильных групп, внешние характеристики. Защита преобразователей от внутренних внешних перенапряжений.. Токи короткого замыкания, выбор числа параллельно соединенных вентильных ветвей. Защита от токов коротких замыканий. Управляемые преобразовательные агрегаты.. Энергетические характеристики преобразовательных агрегатов. Современные преобразователи с сухими трансформаторами. Применение многопульсовых схем выпрямления. Принципы инверторного преобразования энергии рекуперации. Выпрямительно-инверторные преобразователи..

#### 4. Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях.

##### 4.1. Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях.

Применение многопульсовых схем, достоинства и недостатки. Внедрение накопителей энергии с целью использования энергии рекуперации подвижного состава..

#### 5. Системы управления, контроля и защиты.

##### 5.1. Системы управления, контроля и защиты.

Устройства управления, автоматики и телемеханики. Виды и режимы управления, управление отдельными видами электрооборудования. Системы телемеханики, диспетчерские пункты.. Питание собственных нужд и вторичных цепей постоянного и переменного тока, источники питания собственных нужд. Выбор аккумуляторных батарей,

зарядных и подзарядных устройств.. Защитные меры электробезопасности. Заземляющие устройства на тяговых подстанциях, расчет устройств защитного заземления..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Защита вводов тяговых подстанций. Расчет устройств защиты, разработка схем;
2. Требования нормативных документов (СНИП И ПУЭ) по строительству и размещению оборудования;
3. Устройства энергосбережения на тяговых подстанциях;
4. Применение микропроцессоров и микроконтроллеров в устройствах защиты и управления оборудованием подстанций;
5. Энергетические показатели образовательных агрегатов, высшие гармонические составляющие напряжения и токов;
6. Применение тиристоров и транзисторов в управляемых выпрямителях;
7. Выбор и расчет силовых полупроводниковых приборов (СПП) для выпрямителей – 2 часа;
8. Построение схем электроснабжения и тяговых подстанций для различных видов подвижного состава.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Управление оборудованием района тяговых подстанций с применением компьютерной программы(ознакомительная);
2. Исследование двенадцатипульсовых схем преобразователей;
3. Исследование схем преобразователей с управляемыми выпрямителями;
4. Исследование схем преобразователей на модели:  
А) Мостовая схема выпрямления  
Б) Нулевая схема выпрямления.

### **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	
<b>Знать:</b>							
методы создания (проектирования), анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений	ИД-2ПК-2				+	+	Тестирование/КМ 1. Решение задач/КМ4.
особенности работы оборудования тяговых подстанций по роду тока	ИД-3ПК-2		+				Контрольная работа/КМ 3.
особенности работы транспортных систем	ИД-1ПК-5	+					Тестирование/КМ 1.
структурные схемы электроснабжения электрического транспорта	ИД-2ПК-5			+			Тестирование/КМ 1.
основы устройства и принцип работы оборудования подстанций	ИД-2ПК-7		+	+			Контрольная работа/КМ 2.
<b>Уметь:</b>							
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств.	ИД-2ПК-2					+	Тестирование/КМ 1.
- разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;	ИД-3ПК-2			+			Контрольная работа/КМ 2.
- применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;	ИД-1ПК-5				+		Контрольная работа/КМ 3.
- решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения.	ИД-2ПК-5	+					Решение задач/КМ4.

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ 1. (Тестирование)
2. КМ 2. (Контрольная работа)
3. КМ 3. (Контрольная работа)
4. КМ4. (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

Согласно БАРС

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. В. И. Сопов, Н. И. Щуров- "Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2013 - (728 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436278>;
2. Кузнецов, С. М. Эксплуатация и ремонт тяговых подстанций электрического транспорта / С. М. Кузнецов, Л. Н. Ефрегов . – М. : Транспорт, 1981 . – 311 с.;
3. 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 .;
4. Савина, Т. И. Учебное пособие по курсу "Тяговые подстанции городского электрического транспорта": Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций ГЭТ / Т. И. Савина ; Ред. М. А. Слепцов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1981 . – 44 с.;
5. "Аппаратура тяговых и трансформаторных подстанций", Издательство: "ИрГУПС", Иркутск, 2017 - (180 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/134713>;
6. Штин А. Н., Неугодников Ю. П.- "Тяговые и трансформаторные подстанции: курс лекций", Екатеринбург, 2021 - (170 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/246842>;
7. С. М. Кузнецов- "Проектирование тяговых и трансформаторных подстанций", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2013 - (92 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228870>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Scilab.

## 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-406, Вычислительный центр	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
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 аттестации	Т-406, Вычислительный центр	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Т-001а, Лаборатория каф. "ЭКАОиЭТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-517, Помещение для инвентаря	стол, шкаф

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Тяговые подстанции

(название дисциплины)

## 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 КМ 1. (Тестирование)  
 КМ-2 КМ 2. (Контрольная работа)  
 КМ-3 КМ 3. (Контрольная работа)  
 КМ-4 КМ4. (Решение задач)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Тяговые подстанции - элемент электрической системы.					
1.1	Тяговые подстанции - элемент электрической системы.		+			+
2	Электрическое оборудование тяговых подстанций.					
2.1	Электрическое оборудование тяговых подстанций.			+	+	
3	Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.					
3.1	Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.		+	+		
4	Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях.					
4.1	Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях.		+		+	+
5	Системы управления, контроля и защиты.					
5.1	Системы управления, контроля и защиты.		+			+
Вес КМ, %:			15	25	30	30