

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 05.09.2023 15:37:50

Уникальный программный ключ:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник

Учебно-методического управления

А.Б. Максимов/

2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электрические транспортные средства»

Специальность

23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

профиль подготовки

«Автомобильная мехатроника»

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

Очная

Москва 2022 г.

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Электрические транспортные средства» следует отнести:

— реализация основной образовательной программы (ООП) по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», направленность 23.04.02.01 «Автомобильная мехатроника»;

— формирование у обучающихся знаний о современных принципах, методах и средствах анализа и прогнозирования эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств;

— подготовка студентов к самостоятельной деятельности в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», профиль подготовки 23.04.02.01 «Автомобильная мехатроника».

К **основным задачам** освоения дисциплины «Теория автомобиля и трактора» следует отнести:

— формирование представления о комплексе эксплуатационных свойств, определяющих особенности функционирования электрических транспортных средств, их систем и агрегатов;

— освоение общих принципов и особенностей методик математического описания указанных свойств;

— формирование навыков получения на базе изученных методик конкретных данных об эксплуатационных свойствах электрических транспортных средств, их систем, агрегатов и влияние на них различных конструктивных и внешних факторов.

2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета.

Дисциплина «Электрические транспортные средства» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базовой части базового цикла (Б1.1) основной образовательной программы магистратуры по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», профиль подготовки 23.04.02.01 «Автомобильная мехатроника».

Дисциплина «Электрические транспортные средства» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Математическое моделирование рабочих процессов автомобиля.
- Цифровые технологии в автомобилестроении.
- Автомобильная мехатроника.

- Системы управления движением электрических транспортных средств.
- Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств.
- Виртуально-физические испытания автомобиля.
- Искусственный интеллект в автомобилестроении.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен проводить конструкторское сопровождение производства и испытаний АТС и их компонентов.	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • особенности влияния и методы оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов; <p>уметь:</p> <p>составлять перечень исходных данных, технические требования и разрабатывать имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований;</p> <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, т.е. 144 академических часов (из них 72 часа – самостоятельная работа студентов). Разделы дисциплины «Электрические транспортные средства» изучаются на первом семестре первого курса магистратуры.

Первый семестр семестр: лекции – 2 часа в неделю (18 часов); практические занятия – 2 часа в неделю (54 часов), форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

Содержание разделов дисциплины:

1. История разработки и производства электрических транспортных средств. Основные понятия и определения.

Пути решения проблемы повышения экологичности транспортных средств на базе перспективных энергоустановок. История развития электрических транспортных средств. История развития электрических транспортных средств в нашей стране. Типовые транспортные сферы эксплуатации электрических транспортных средств. Тенденции развития электрических транспортных средств. Основные понятия и определения: экологически чистое транспортное средство, пассажирское и грузовое отделение транспортного средства, режим допускающий движение, регулятор направления движения (селектор), ключ, электрическая цепь, рабочее и номинальное напряжение, максимальное рабочее напряжение, класс напряжения А и В, части под напряжением, электрическая масса, электрический удар, защита от поражения электрическим током, незащищенная токопроводящая часть, прямой и косвенный контакт, высоковольтная цепь, кожух, ограждение, изоляция токоведущих частей (твердая, двойная, дополнительная, усиленная).

2. Требования, предъявляемые к электрическим транспортным средствам.

Категории автотранспортных средств. Классические требования к автотранспортным средствам: тягово-скоростные свойства, тормозные свойства, управляемость, маневренность, устойчивость, проходимость, плавность хода, вибронагруженность. Специфические требования к свойствам электрических транспортных средств: электробезопасность, электромагнитная совместимость, скорость зарядки, особые требования к пожаробезопасности, запас хода (энергоэффективность).

3. Требования к электрооборудованию электрических транспортных средств. Внешние воздействующие факторы.

Условия влияющие функционирования электрооборудования: географическое положение, тип транспортного средства, условия эксплуатации и режим работы,

место установки электрооборудования, напряжение питания. Типы внешних воздействующих факторов: механические, термические, климатические, химические, электрические, электромагнитные. Режимы работы электрооборудования: без подачи напряжения, с подачей напряжения при работающем и неработающем двигателе. Характеристики условий испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам.

4. Транспортные средства с комбинированной энергоустановкой.

Понятия и определения: транспортное средство с комбинированной энергоустановкой, с возможностью подзарядки и без, микрогибрид (старт-стоп), мягкий гибрид, последовательный и параллельный гибрид, их достоинства и недостатки, гибриды со смешанной и раздельной схемой привода, их достоинства и недостатки, режимы работы энергетической установки (последовательный, параллельный), комбинированная энергоустановка, перезаряжаемая энергоаккумулирующая система, определение и выбор основных технических характеристик агрегатов и систем. Согласование режимов работы. Схемы энергоустановок и привода. Общие компоновки транспортных средств с комбинированной энергоустановкой.

5. Аккумуляторное дорожное электрическое транспортное средство (электромобиль).

Типы современных электромобилей. Основные признаки электромобиля. Направления развития электромобилей. Достоинства и недостатки. Электромобили с комбинированной энергоустановкой, виды источников энергии в комбинированной энергоустановке, режимы работы энергоустановки. Электромобили с расширителем пробега. Методика выбора технических характеристик агрегатов и их режимов работы. Понятия и определения. Структурные схемы. Сравнение электромобилей и транспортных средств с комбинированными энергоустановками. Общие компоновки электромобилей различного назначения.

6. Электродвигатели.

Назначение электрических машин. Виды электрических машин: постоянного тока, переменного тока асинхронные, синхронные с электромагнитным возбуждением и с постоянными магнитами, синхронные реактивные, шаговые, гистерезисные. Сравнительная характеристика различных видов электрических машин. Конструкция электрических машин переменного тока, основные элементы. Требования, предъявляемые к тяговым электрическим двигателям.

7. Общие вопросы теории электрических машин.

Виды пазов. Обмотки электрических машин: общая характеристика, виды, принципы построения, поля рассеяния и индуктивные сопротивления рассеяния. Электродвижущая и магнитодвижущая силы обмоток. Вращающееся магнитное поле. Способы борьбы с высшими пространственными гармониками магнитного поля.

8. Асинхронный тяговый электрический двигатель

Принцип действия асинхронного электродвигателя. Конструкция и материалы: электротехническая сталь, магнитомягкие сплавы, изоляция, компаунды. Требования к материалам. Особенности выбора материалов. Основные уравнения и векторная диаграмма. Схема замещения асинхронной электрической машины. Энергетическая диаграмма двигателя, потери и КПД. Реактивная мощность в двигателе. Электромагнитный момент и механическая характеристика двигателя. Условия устойчивой работы. Рабочие характеристики двигателя. Процесс пуска двигателя. Расчет и выбор основных конструктивных элементов двигателя.

9. Синхронный тяговый электрический двигатель

Принцип действия синхронного электродвигателя. Конструкция и материалы: постоянные магниты и особенности выбора магнита и его покрытия. Системы возбуждения. Векторная диаграмма явнополусного и неявнополусного двигателя. Способы пуска двигателей. Внешние характеристики электродвигателя. Рабочие характеристики. Угловые и U-образные характеристики двигателя. Расчет и выбор основных конструктивных элементов двигателя.

10. Автономный инвертор напряжения.

Основные определения и понятия. Требования предъявляемые к полупроводниковым ключам. Параметры силовых полупроводниковых элементов в составе ключа. Типы силовых полупроводниковых элементов. Общая схема автономного инвертора напряжения. Схемы защиты от: превышения тока и напряжения выше допустимого, превышения скорости нарастания тока и напряжения выше допустимого. Рабочая диаграмма напряжения «эмиттер-коллектор» силового ключа. Выбор транзисторов по напряжению.

11. Управление и динамика электропривода.

Пуск и реверс электродвигателя. Торможение электродвигателя. Общие принципы регулирования скорости. Онополярное и двуполярное регулирование. Режимы непрерывных и прерывистых токов. Выбор минимальной частоты импульсов. Условие обеспечения равномерности момента двигателя.

12. Динамика электропривода.

Переходные процессы разгона и торможения, изменения скорости. Реакция двигателя на периодическое изменение напряжения питания. Пульсация скорости из-

за неравномерного момента. Токи и углы коммутации. Электромагнитные моменты в зависимости от угла коммутации (опережения). Потребляемая мощность и КПД. Математическая модель динамики электродвигателя. Принцип отработки сигнала задания. Управление моментом. Ограничение тока и момента электродвигателя.

13. Перезаряжаемые энергоаккумулирующие системы.

Виды перезаряжаемых энергоаккумулирующих систем. Достоинства и недостатки. Электрохимический источник электрической энергии (аккумуляторы). Электрохимические процессы. Схема работы аккумулятора при разряде и заряде. Характеристики аккумуляторов: напряжение открытой цепи OCV, динамическое напряжение, термодинамическое напряжение, степень заряженности SOC, степень разряженности DOD, уровень здоровья (ресурс) SOH, уровень отдаваемой и принимаемой мощности SOP, внутреннее сопротивление. Виды аккумуляторных систем. Факторы и условия эксплуатации влияющие на функционирования аккумулятора и выбор его характеристик. Тенденции и направления развития.

14. Перезаряжаемые энергоаккумулирующие системы. Системы контроля и управления. Системы обеспечения работоспособности.

Источники пиковой мощности. Суперконденсаторы, особенности, базовый принцип функционирования, характеристики. Инерционные (маховичные) накопители, принцип работы, запасаемая энергия, типовая конструкция. Гибридные накопители энергии. Виды систем обеспечения работоспособности: подогрева, охлаждения, выравнивания давления, пожаробезопасности, предзаряда, разряда. Достоинства и недостатки. Устройство и конструкция. Принципы работы. Состав и устройство системы управления и контроля. Алгоритмы функционирования системы управления и контроля. Виды алгоритмов, достоинства и недостатки.

15. Топливные элементы.

Основные понятия. Принципы работы топливных элементов и технологий. Виды топливных элементов. Электродный потенциал и кривая напряжение-ток. Топливо и окислитель. Характеристики топливной ячейки. Состав и структура системы. Назначение основных компонентов. Особенности применения различных видов топливных элементов на транспорте. Тенденции развития технологий и внедрения на транспорте. Применение топливных элементов в гибридном источнике энергии. Стратегия управления потоками энергии.

16. Основы рекуперативного торможения.

Основные понятия о рекуперации энергии. Требования к системам рекуперации энергии. Энергия торможения, потребляемая при движении в городских условиях. Зависимость энергии рекуперации от скорости и замедления транспортного средства,

мощности торможения. Энергия торможения при переднем и заднем приводе. Системы торможения с рекуперацией. Виды систем. Система последовательного торможения. Система параллельного торможения. Принципы проектирования и управления с фиксированными соотношениями между электрическими и механическими тормозных усилий, максимального рекуперативного торможения. Стратегия управления для оптимальной эффективности торможения, рекуперации энергии торможения.

17. Системы заряда источников энергии.

Основные понятия и определения. Назначение системы. Стандарты заряда. Требования. Состав бортовой системы заряда. Назначение оборудования. Влияние режимов заряда на функционирование перезаряжаемой системы хранения электрической энергии. Определение основных технических характеристик системы заряда перезаряжаемой системы хранения электрической энергии.

18. Вспомогательное электрооборудование.

Основные понятия и определения. Назначение вспомогательного электрооборудования. Требования к вспомогательному электрооборудованию. Устройство вспомогательного электрооборудования. Определение основных технических характеристик электрооборудования.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Электрические транспортные средства» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся:

- подготовка к семинарским и практическим занятиям;
- организация и поддержание диалога в процессе сообщения студентам новых знаний;
- индивидуальное обсуждение и защита расчётно-графической работы;
- решение практических задач анализа и прогнозирования показателей эксплуатационных характеристик наземных транспортных средств.
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме устного опроса.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определён главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Электрические транспортные средства»

и в целом по дисциплине составляет 100% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий и 50% занятий лабораторного типа.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к лабораторным занятиям;
- проведение лекций и практические занятия в диалоговом режиме, позволяющем осуществлять непрерывный контроль восприятия студентами восприятия текущего материала;

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы в процессе проведения консультирования студентов по ходу чтения лекций и при защите лабораторных работ. Образцы контрольных вопросов для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов приведены в приложении 3.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-1	Способен проводить конструкторское сопровождение производства и испытаний АТС и их компонентов.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин, практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

ПК-1 - Способен проводить конструкторское сопровождение производства и испытаний АТС и их компонентов				
Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
знать: • особенности влияния и методы оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний особенности влияния и методов оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний особенности влияния и методов оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие особенности влияния и методов оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие особенности влияния и методов оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: составлять перечень исходных данных, технические	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет составлять перечень исходных	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умения составлять перечень исходных	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умения перечень исходных данных, технические	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умения перечень исходных данных,

<p>требования и разрабатывать имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований.</p>	<p>данных, технические требования и разрабатывать имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований.</p>	<p>данных, технические требования и разрабатывать имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>требования и имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>технические требования и имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>владеть: методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных свойств наземных электрических</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных</p>	<p>Обучающийся владеет методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных</p>	<p>Обучающийся частично владеет методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных свойств наземных электрических</p>

транспортных средств, их систем и агрегатов.	свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов.	средств, их систем и агрегатов, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	агрегатов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	транспортных средств, их систем и агрегатов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
--	---	---	---	---

6.2. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Электрические транспортные средства».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2 - 3 несущественные ошибки.

Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Нагайцев, М. В. АТС с комбинированными энергоустановками (КЭУ) / М. В. Нагайцев, А. А. Эйдинов. – М. : Экология машиностроения, 2014. – 442 с.
2. Нагайцев, М. В. Электромобили / М. В. Нагайцев, А. А. Эйдинов. – М. : Экология Машиностроения, 2014. – 515 с.
3. Ефремов И.С. Теория и расчёт тягового электропривода электромобилей. Учеб.пособие для вузов по спец. «Городской электрический транспорт» и «Электрическая тяга и автоматизация тяговых устройств» / под ред. – И.С. Ефремова. М. : Высшая школа, 1984. - 383 с.
4. Златин, П. А. Электромобили и гибридные автомобили / П. А. Златин, В. А. Кеменов, И. П. Ксенович. – М. : Агроконсалт, 2004. – 416 с..
5. Богданов, К.Л. Основы тягового электропривода: учеб пособие/ К.Л. Богданов–М. : МАДИ. - 2009, 57 с.
6. Конструкции современных транспортных средств на электрической тяге / К.Е. Карпухин, Р.Х. Курмаев. М: ФГУП «НАМИ», 2019 г. – 196 с.
7. Jiquan Wang, Battery electric vehicle energy consumption modelling, testing and prediction: a practical case study. PhD thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2016.
8. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles : fundamentals, theory, a. design / Mehrdad Ehsani [et al.]. - Boca Raton [etc.] : CRC press, cop. 2005. - 395 с.

б) дополнительная литература:

1. Ксенович, И.П. Идеология проектирования электромеханических систем для гибридной мобильной техники / И.П. Ксенович, Д.Б. Изосимов// Тракторы и сельско-хозяйственные машины. – 2007. – №1.
2. Вольдек, А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2010. – 350 с.

3. Копылов, И.П. Электрические машины: учебник для вузов /И.П. Копылов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.
4. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин: учеб. для вузов / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2001. – 327 с.
5. Строганов В.И. Математическое моделирование основных компонентов силовых установок электромобилей и автомобилей с КЭУ: учеб. пособие / В.И. Строганов, К.М. Сидоров. – М.: МАДИ, 2015. – 100 с.
6. Овчинников, И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) / И. Е Овчинников : Курс лекций. - СПб. : КОРОНА-Век, 2006. - 336 с.
7. Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода: учебное пособие / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд_во Томского политехнического университета, 2010. – 302 с.
8. Васильев Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. Учебник. – М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 268 с.
9. Анучин А.С. Системы управления электроприводом: учебник для вузов. – М. : Издательский дом МЭИ , 2015 – 373 с.
10. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика) / Ю.Н. Калачев: Методическое пособие. М.: ЭФО, 2013. – 63 с.
http://privod.news/files/kniga_www_3.pdf
11. Беспалов В.Я. Электрические машины: учеб. Пособие для студентов высш. учебных заведений / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. 320 с.
12. Анопченко, В.Г. Практикум по теории движения автомобиля [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Красноярск : СФУ, 2013. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64569>. — Загл. с экрана.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <http://lib.mami.ru/>.

г) полезная литература:

1. Мацкерле, Ю. Современный экономичный автомобиль / пер. с чешск. В.Б. Иванова; под. ред. А.Р. Бенедиктова; Ю. Мацкерле. – М.:Машиностроение, 1987. – 320 с.
2. Дьяконов, В.П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.
3. Черных, И.В. Simulink. Среда создания инженерных приложений / И.В. Черных. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 496 с.
4. Герман-Галкин, С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учебное пособие / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
5. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г.Г. Соколовский. – М.: Академия, 2006
6. Сипайлов, Г.А. Математическое моделирование электрических машин / Г.А. Сипайлов, А.В. Лоос. – М., 1980.

7. Ковач, К.П. Переходные процессы в машинах переменного тока: пер с венгер. / К.П. Ковач, И. Рац. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 774 с.
8. Усольцев, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие / А.А. Усольцев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с.
9. Кравец В.Н., Селифонов В.В. Теория автомобиля: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. 190201 «Автомобиле- и тракторостроение» (УМО).- М., 2011.
10. Николаев П.А. «Электромагнитная совместимость автотранспортных средств / Николаев П.А., Кечиев Л.Н. / Под ред. Л.Н. Кечиева. – М. : Грифон, 2015 – 424 с.
11. Селифонов В.В. Теория автомобиля. Курс лекций. – М.: Гринлайт, 2009. – 206 с.
12. Селифонов В.В. Выбор конструктивных параметров, определяющих тягово-скоростные и топливно-экономические показатели автомобиля: методические указания для вып. курсовой работы по дисц. «Теория автомобиля» для студ. очной формы обучения по спец. 190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение» [Электронный ресурс]/ В.В. Селифонов; М.Ю. Есеновский – М.: МГТУ «МАМИ», 2010 – 49 с. – [URL:http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog](http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные лекционные аудитории школы «Передовая инженерная школа электротранспорта»: АВ4701 и АВ4710 оснащенные проектором, эпидиаскопом (кодоскопом), экраном, ПЭВМ.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.

1. Герман-Галкин С.Г., Карданов Г.А. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. – СПб.: КОРОГНА принт, 2003. – 256 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника: Лабораторные работы на ПК. – СПб.: Учитель и учебник, КОРОГНА принт, 2002. – 254 с.
3. Терехин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учеб. Пособие / В.Б. Терехин; Национальный исследовательский университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий.

Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов устройства транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения

дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического материала, подготовку к лекционным, лабораторным, семинарским (практическим) занятиям; выполнение контрольных заданий.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с технической литературой. Научиться работать с технической литературой - важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с технической литературой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное усвоить и применить на практике.

10. Методические рекомендации для преподавателя.

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекции и лабораторные занятия. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление

полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекционные занятия. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования, ответить на вопросы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой. Темы задач, предлагаемых студентам для решения на практических занятиях, должны быть максимально приближены к темам последних лекций по данной дисциплине. В связи с указанным, целесообразен тесный контакт лектора с преподавателями, ведущими практические занятия.

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» профиль подготовки «Автомобильная мехатроника»

Программу составил:

доцент, к.т.н.



/Климов А.В./

Программа утверждена на заседании "Передовая инженерная школа электротранспорта"

« 25 » _____ мая _____ 2022 г., протокол № 5 _____

Менеджер

отдела организации

и управления учебным процессом



Хамдамова Д.Т.

12	Динамика электропривода	1	12	2		2	6								
13	Перезаряжаемые энергоаккумулирующие системы	1	13	2		2	4								
14	Перезаряжаемые энергоаккумулирующие системы. Системы контроля и управления. Системы обеспечения работоспособности	1	14	2		2	6								
15	Топливные элементы	1	15	2		2	2								
16	Основы рекуперативного торможения	1	16	2		2	4								
17	Системы заряда источников энергии	1	17	2		2	2								
18	Вспомогательное электрооборудование	1	18	2		2	2								
	<i>Форма аттестации</i>	1	19-21												Э
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			36		36	72								

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Специальность: 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

Профиль подготовки «Автомобильная мехатроника»

Форма обучения: очная

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Электрические транспортные средства»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

перечень вопросов для текущего контроля
успеваемости

пример экзаменационных билетов

Составитель:

к.т.н., доцент Климов А.В..

Москва, 2022г

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Электрические транспортные средства					
ФГОС ВО 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы» Профиль подготовки «Автомобильная мехатроника»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции :					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				

ПК-1	Способен проводить конструкторское сопровождение производства и испытаний АТС и их компонентов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> особенности влияния и методы оценки различных конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели функционирования наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> составлять перечень исходных данных, технические требования и разрабатывать имитационные виртуальные математические модели, процесса (явления), позволяющие получить конкретные результаты в плане оценки эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов с целью контроля выполнения требований; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> методами постановки технической задачи для целей ее последующего решения и навыками аналитического решения конкретных задач, связанных с оценкой эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств, их систем и агрегатов. 	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа	УО, Экз	<p>Базовый уровень: воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля</p> <p>Повышенный уровень: практическое применение полученных знаний в процессе лабораторных занятий; готовность решать нетиповые задачи, принимать профессиональные решения в условиях неполной определенности, при недостаточном методическом обеспечении.</p>
------	--	--	--	---------	---

** - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 3 к РП.

Приложение 3 Перечень оценочных средств по дисциплине
Электрические транспортные средства

№ О С	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства.	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п..	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Экзамен (Экз)	Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно».	Примеры экзаменационных билетов

Вопросы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

№ п.п.	Вопрос	Эталонный ответ
1.	Какие внешние воздействующие факторы влияют на электрооборудование электрических транспортных средств?	На работу электрооборудования электрических транспортных средств влияют: механические, термические, климатические, химические, электрические (электромагнитные) факторы. На полноту и степень воздействия этих факторов оказывают влияние: место и условия размещения на ТС, условия эксплуатации, условия использования (по каким дорогам, в какое время суток), тип транспортного средства (дорожное, внедорожное), напряжение электрической сети.
2.	В чем проявляются механические воздействующие факторы?	Механические воздействующие факторы проявляются в виде вибраций и ударов со стороны остальных элементов ТС и внешних устройств, и объектов.
3.	В чем проявляются химические воздействующие факторы?	Химические воздействующие факторы проявляются в виде воздействия химических веществ и соединений (масла, охлаждающая жидкость, жидкость ГУР, моющие средства, кислоты, щелочи, озон), а также длительного воздействия соляного тумана (дорожные реагенты, атмосфера приморских районов).
4.	В чем заключается термическое и климатическое воздействие на электрооборудование?	Термическое и климатическое воздействие заключается в воздействии максимальных, минимальных температур окружающей среды, резких изменений температуры, плавное изменение температуры, влажности, холодной воды.
5.	В чем заключается электрическое воздействие на электрооборудование?	Электрическое воздействие на электрооборудование заключается в перенапряжениях, изменении полярности питания, резкому отключению питания с последующим восстановлением, постепенному снижению напряжения, пульсации напряжения и тд..
6.	Какие электрические цепи относятся к классу напряжений А и В	Цепи с максимальным рабочим напряжением меньше среднеквадратического значения напряжения переменного тока 30 В или постоянного тока 60 В относятся к классу А, свыше 30 В, но не более 1000 В переменного тока и свыше 60, но не более 1500 В постоянного тока – классу В.
7.	Для защиты от какого контакта применяют проводники выравнивания потенциалов?	Проводники выравнивания потенциалов применяют для защиты от косвенного контакта с потенциально проводящими частями, которые могут попасть под напряжение.

8.	Какое устройство используется для контроля состояния изоляции и как оно работает?	Для контроля состояния изоляции применяют устройство контроля изоляции, которое осуществляет измерение сопротивления изоляции. Устройство позволяет контролировать несимметричное (один полюс) снижение сопротивления изоляции или несимметричное замыкание полюса на корпус.
9.	Какое сопротивление изоляции считается безопасным?	Безопасным считается сопротивление не ниже чем 500 Ом/В
10.	Какое сопротивление должен иметь проводник выравнивания потенциалов?	Проводник выравнивания потенциалов должен иметь сопротивление не более 0,2 Ом при проверке током не менее 0,1 А.
11.	Что применяют для повышения электробезопасности в электроустановках?	Для повышения электробезопасности в установках до 1000 В применяют двойную (основную и дополнительную) или усиленную изоляцию токоведущих частей.
12.	За какое время должны разрядиться конденсаторы высоковольтного электрооборудования?	По глобальным нормам электробезопасности конденсаторы должны разрядиться до напряжения не более 60В или до уровня запасенной энергии не выше 0,2 Дж за время 1 сек. (допускается до 3 сек с применением мер исключающих прямой контакт с токоведущими частями).
13.	За счет чего у синхронно-реактивных двигателей получается получить больший крутящий момент по сравнению с синхронными?	За счет различной индуктивности обмотки электродвигателя по осям d и q. По оси d индуктивность обмотки выше, что позволяет реализовать реактивную добавку крутящего момента.
14.	Для каких целей выполняется скос полюсов ротора электродвигателя?	Скос полюсов выполняется с целью улучшения распределения поля в воздушном зазоре машины, снижения гармонических составляющих и приближения формы поля к синусоидальной.
15.	Почему ЭДС реального электродвигателя никогда не может достичь максимального теоретического значения?	Это обусловлено реальной конструкцией двигателя: из-за распределения катушек по разным пазам в катушечной группе, из-за неравенства шага витка зубцовому делению, из-за скоса полюсов и пазов. Данные конструктивные мероприятия делаются с целью улучшения гармонического состава.
16.	Какие основные параметры постоянного магнита применяемого в электродвигателе?	Максимальное энергетическое произведение, остаточная индуктивность, коэрцитивная сила, температура размагничивания.
17.	Для чего применяют шихтованные конструкции ротора и статора электродвигателя?	Для снижения переменных потерь в электродвигателе связанные с наведением токов Фуко и перемагничиванием материала.
18.	От чего зависят постоянные потери в электродвигателе	Постоянные потери зависят от тока статора электродвигателя и от сопротивления обмотки.
19.	От чего зависят переменные потери в электродвигателе?	В первом приближении потери зависят: от электрической частоты машины, индукции магнитного поля в воздушном зазоре, от частоты вращения ротора, от синусоидальности

		(гармонический состав) магнитного поля, т.е. от конструкции.
20.	Почему КПД асинхронного двигателя ниже чем синхронного?	В асинхронном двигателе часть энергии тратится на создание магнитного поля ротора, на намагничивание – реактивная мощность
21.	Для каких целей применяется X-конденсатор в инверторе?	X-конденсатор применяется с целью снижения помех в звене постоянного тока инвертора, а также он является источником реактивной мощности.
22.	Для каких целей применяют фильтрующие Y-конденсаторы в инверторе?	Y-конденсаторы в инверторе применяют с целью снижения помех генерируемых инвертором, а также для упорядочения направления протекания ёмкостных токов в приводе.
23.	В чем суть векторного управления электродвигателем?	Суть векторного регулирования заключается в формировании вращающегося вектора напряжения в зависимости от углового положения ротора.
24.	В чем суть широтно-импульсной модуляции?	Напряжение статора формируется путем создания определенной последовательности и длительности импульсов напряжения. Речь в данном случае идет о среднем значении напряжения статора за период. Величина напряжения изменяется за счет увеличения времени продолжительности импульса.
25.	Для каких целей применяют систему предзаряда?	Систему предзаряда применяют с целью снижения времени заряда конденсаторов электрооборудования и уменьшения тока заряда для исключения вредного воздействия на электронные компоненты.
26.	Почему при достижении степени заряженности в 90-95% снижается скорость заряда?	При достижении степени заряженности в 90-95% снижается ток заряда, т.к. система заряда переходит в режим постоянства напряжения и при этом ток заряда минимален.
27.	Почему не рекомендуется заряжать аккумулятор при отрицательных температурах?	При отрицательных температурах падает проводящая (ионотранспортная) функция электролита что при воздействии разности потенциалов при заряде приводит к ускоренной его деградации, также ионы лития внедряясь в анод разрушают его кристаллическую решетку, а часть не может проникнуть в решетку и оседает на поверхности электрода.
28.	Почему не рекомендуется держать подключенным полностью заряженный аккумулятор к зарядному устройству или станции.	В данном случае если аккумулятор не контролируется электронной системой управления происходит его перезаряд до разности потенциалов выше допустимого, что приводит к последующему его взрыву. А также если ячейка аккумулятора шунтируется электроникой, то через нее все равно протекает небольшой ток, который может вызвать перезаряд аккумулятора.
29.	Почему аккумуляторы NMC, LCO, NCA опасны?	В катодах данных аккумуляторов содержится оксид кобальта, который при делитировании катода становится сильно реактивным.

30.	Почему аккумуляторы с твердотельным электролитом могут работать только при температурах выше +85 С?	Поскольку только при температурах выше +85С получается обеспечить приемлемый транспорт ионов лития через электролит и через границы раздела 2 сред, их интеркаляцию в электроды.
31.	Каким образом необходимо тушить литийионный аккумулятор?	В начале необходимо сбить температуру аккумулятора большим количеством холодной воды, а далее осуществлять тушение.
32.	Какие методы существуют для исключения сквозного короткого замыкания в инверторе?	С этой целью на периоде ШИМ вводят короткий отрезок - «мертвое время». Это время когда ни верхний и нижний ключи находятся в отключенном (не проводящем) состоянии. Также программно стараются исключить возможность подачи сигналов на ключи стойки одновременно.
33.	Каким способом удастся использовать полностью напряжение звена постоянного тока источника?	Для этого используют векторную ШИМ – в период ШИМ вводят нулевые вектора
34.	Каким образом выбирают частоту ШИМ?	Минимальную частоту ШИМ определяют исходя из обеспечения режима постоянства тока, а также с учётом минимизации динамических потерь в транзисторах.
35.	В чём заключаются различия между полевыми транзисторами и биполярными транзисторами с изолированным затвором?	Полевые транзисторы имеют возможность работать при больших частотах, а биполярные могут работать при высоких напряжениях и больших коммутируемых токах?
36.	С какой целью применяют обратный диод параллельно транзисторы?	С целью исключения возникновения перенапряжений при отключении ключа на межкоммутационном периоде.
37.	Какие параметры влияют на величину крутящего момента двигателя?	На величину крутящего момента влияет: число полюсов ротора, потокосцепление ротора сцепленное со статором, ток статора (именно моментобразующий ток по оси q)
38.	Для чего вводят компенсацию перекрестных связей при векторном управлении?	Для обеспечения стабильности разгона двигателя и исключения колебательных процессов при разгоне из-за взаимного влияния контуров по осям d и q.