Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 14.08.2026 15:23:30
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735a0b01a6

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

Передовая инженерная школа технологического лидерства ФДР

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /П.Итурралде /
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электрическая трансмиссия гоночного автомобиля

Направление подготовки
23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль
Гоночный инжиниринг

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Преподаватель,
без ученной степени  /С.Э. Земцев/

Согласовано:
Отдел организации
и управления учебным
процессом  /Д.Т.Хамдамова/

Руководитель
образовательной программы
директор  / П.Итурралде/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
   - 3.3 Содержание дисциплины 6
   - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 6
   - 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
   - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
   - 4.2 Основная литература 7
   - 4.3 Дополнительная литература 7
   - 4.4 Электронные образовательные ресурсы 8
   - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
   - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5. Материально-техническое обеспечение 8
6. Методические рекомендации 8
   - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 8
   - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 9
7. Фонд оценочных средств 10
   - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 10
   - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 10
   - 7.3 Оценочные средства 11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний, умений и навыков в области конструирования, расчёта и моделирования электрических трансмиссий гоночных автомобилей, включая электрические машины, силовую электронику, накопители энергии и системы рекуперации, а также способности применять специализированное программное обеспечение для проектирования и анализа данных систем.

Задачи дисциплины:

- изучить принципы построения и работы электрических и гибридных трансмиссий гоночных автомобилей;
- освоить конструкцию и принципы работы тяговых электрических машин, применяемых в автоспорте;
- изучить принципы работы силовых преобразователей (инверторов) и систем управления электроприводом;
- сформировать знания о накопителях энергии (тяговые аккумуляторные батареи, ультраконденсаторы) и системах их управления (BMS);
- освоить принципы работы систем рекуперации энергии (KERS, MGU-K, MGU-H) и их интеграции с трансмиссией;
- сформировать навыки применения прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования электрических трансмиссий гоночных автомобилей;
- изучить нормативные и регламентные требования, предъявляемые к электрическим и гибридным силовым установкам гоночных автомобилей.

Обучение по дисциплине «Электрическая трансмиссия гоночного автомобиля» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК5. Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	ИОПК-5.1. Знает инструментарий формализации научно-технических задач проектирования электрической трансмиссии; состав и функциональные возможности прикладного программного обеспечения для моделирования электроприводов, накопителей энергии и систем рекуперации ИОПК-5.2. Умеет применять прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования электрических машин, силовых преобразователей и систем накопления энергии гоночного автомобиля ИОПК-5.3. Владеет навыками практической работы со специализированным программным обеспечением для расчёта, моделирования и проектирования электрической трансмиссии гоночного автомобиля

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

«Электрическая трансмиссия гоночного автомобиля» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Исследования и испытания гоночных автомобилей
- Математическое моделирование рабочих процессовавтомобиля
- Конструкция гоночного автомобиля

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			1
1	**Аудиторные занятия**	**48**	48
	В том числе:		
1.1	Лекции		16
1.2	Семинарские/практические занятия		32
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**132**	132
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет	Зачет	
	Итого	**180**	

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Общая структура и принципы построения электрических трансмиссий гоночных автомобилей	20	2	4			14
2	Тяговые электрические машины: конструкция и принципы работы	22	2	4			16
3	Силовые преобразователи и системы управления электроприводом	22	2	4			16
4	Накопители энергии: тяговые аккумуляторные батареи и ультраконденсаторы	22	2	4			16
5	Системы управления накопителями энергии (BMS)	20	2	4			14
6	Системы рекуперации энергии (KERS, MGU-K, MGU-H)	22	2	4			16
7	Гибридные силовые установки: архитектуры и режимы работы	22	2	4			16
8	Моделирование и проектирование электрической трансмиссии с использованием прикладного ПО	20		4			16
9	Регламентные требования к электрическим и гибридным силовым установкам в автоспорте	10	2				8
	Итого	180	16	32			132

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Общая структура и принципы построения электрических трансмиссий гоночных автомобилей. Рассматриваются архитектуры электрических трансмиссий (моно-, би- и полипривод, мотор-колёса). Изучаются принципы передачи и распределения крутящего момента в электрической трансмиссии. Анализируются преимущества и ограничения электропривода по сравнению с традиционной механической трансмиссией применительно к автоспорту. Обсуждаются требования к массогабаритным характеристикам компонентов электрической трансмиссии. Даётся обзор современных серийных и прототипных решений в области электрических гоночных автомобилей.

Тема 2. Тяговые электрические машины: конструкция и принципы работы. Изучаются типы электрических машин, применяемых в тяговых приводах (асинхронные, синхронные с постоянными магнитами, вентильно-индукторные). Рассматриваются принципы работы и конструктивные особенности каждого типа машин. Анализируются рабочие характеристики (момент, мощность, КПД) в зависимости от скорости вращения. Обсуждаются требования к охлаждению и тепловому режиму тяговых машин в условиях гоночных нагрузок. Рассматриваются критерии выбора типа электрической машины для конкретных условий эксплуатации.

Тема 3. Силовые преобразователи и системы управления электроприводом. Рассматривается устройство и принцип работы инверторов, применяемых для управления тяговыми электрическими машинами. Изучаются алгоритмы векторного управления электроприводом. Анализируются требования к силовой электронике в условиях повышенных вибрационных и тепловых нагрузок гоночного автомобиля. Обсуждаются принципы построения систем обратной связи по скорости и моменту. Рассматриваются вопросы электромагнитной совместимости силовых преобразователей с другими системами автомобиля.

Тема 4. Накопители энергии: тяговые аккумуляторные батареи и ультраконденсаторы. Изучаются типы тяговых аккумуляторных батарей (литий-ионные, литий-полимерные) и их характеристики (энергоёмкость, удельная мощность, ресурс). Рассматриваются принципы работы ультраконденсаторов и их применение в качестве буферных накопителей энергии. Анализируются требования к системам охлаждения накопителей энергии в гоночных условиях. Обсуждаются вопросы безопасности эксплуатации высоковольтных накопителей энергии. Рассматриваются критерии выбора типа накопителя для конкретной гоночной дисциплины.
Тема 5. Системы управления накопителями энергии (BMS). Рассматривается назначение и функции системы управления батареей (Battery Management System). Изучаются принципы балансировки ячеек, контроля температуры и напряжения накопителя энергии. Анализируются алгоритмы определения остаточной ёмкости и состояния здоровья батареи (SOC, SOH). Обсуждаются защитные функции BMS (защита от перезаряда, переразряда, перегрева). Рассматривается взаимодействие BMS с другими электронными системами гоночного автомобиля через сети передачи данных.

Тема 6. Системы рекуперации энергии (KERS, MGU-K, MGU-H). Изучаются принципы работы систем рекуперации кинетической и тепловой энергии в гоночных автомобилях (на примере технологий Формулы-1 и других серий). Рассматривается устройство и принцип работы MGU-K (Motor Generator Unit — Kinetic) и MGU-H (Motor Generator Unit — Heat). Анализируются алгоритмы управления процессом рекуперации и последующей отдачи накопленной энергии. Обсуждается влияние систем рекуперации на общую энергоэффективность и динамические характеристики автомобиля. Рассматриваются регламентные ограничения на использование рекуперированной энергии.

Тема 7. Гибридные силовые установки: архитектуры и режимы работы. Рассматриваются основные архитектуры гибридных силовых установок (последовательная, параллельная, последовательно-параллельная) применительно к гоночным автомобилям. Изучаются режимы работы гибридной установки (чисто

электрический, комбинированный, режим рекуперации). Анализируются алгоритмы распределения мощности между тепловым двигателем и электрической машиной. Обсуждаются вопросы согласования работы гибридной установки с электронными системами управления автомобилем. Рассматриваются примеры реализации гибридных силовых установок в современных гоночных сериях.

Тема 8. Моделирование и проектирование электрической трансмиссии с использованием прикладного ПО. Изучаются возможности специализированного программного обеспечения для моделирования электрических машин, силовых преобразователей и накопителей энергии. Рассматриваются принципы построения имитационных моделей электрической трансмиссии в среде MATLAB/Simulink (или аналогичных пакетах). Анализируются методы верификации расчётных моделей по экспериментальным данным. Обсуждаются подходы к оптимизации параметров электрической трансмиссии с использованием результатов моделирования. Рассматриваются примеры применения программных комплексов при проектировании реальных электрических трансмиссий.

Тема 9. Регламентные требования к электрическим и гибридным силовым установкам в автоспорте. Рассматриваются технические регламенты FIA и других организаций, определяющие требования к электрическим и гибридным силовым установкам (ограничения по напряжению, мощности, энергоёмкости). Изучаются требования к безопасности высоковольтного оборудования гоночных автомобилей. Анализируются процедуры технической инспекции электрических систем перед соревнованиями. Обсуждаются перспективы развития регламентов в связи с электрификацией автоспорта. Рассматривается влияние регламентных требований на выбор конструктивных решений электрической трансмиссии.Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.3.1. Семинарские занятия

Тема 1. Сравнительный анализ архитектур электрических трансмиссий. Обучающиеся анализируют различные схемы построения электрических трансмиссий (централизованный привод, мотор-колёса) на примере существующих гоночных автомобилей. Обсуждаются преимущества и недостатки каждой архитектуры применительно к различным гоночным дисциплинам. Рассматриваются кейсы конструктивных решений ведущих производителей. Анализируется влияние архитектуры трансмиссии на массу и распределение нагрузок по осям. Формируется отчёт по результатам сравнительного анализа.

Тема 2. Анализ характеристик тяговых электрических машин. Обучающиеся рассматривают технические характеристики различных типов тяговых электрических машин на основе технической документации производителей. Проводится расчёт рабочих характеристик машины (момент, мощность, КПД) для заданных условий эксплуатации. Обсуждаются критерии выбора типа машины для конкретной гоночной задачи. Анализируются тепловые режимы работы электрических машин. Формулируются рекомендации по выбору тяговой машины.

Тема 3. Разбор принципов работы силовых преобразователей. Обучающиеся изучают принципиальные схемы инверторов, применяемых в электроприводах гоночных автомобилей. Рассматриваются алгоритмы векторного управления на конкретных примерах. Анализируются осциллограммы работы силового преобразователя в различных режимах. Обсуждаются вопросы обеспечения электромагнитной совместимости. Формируется отчёт по результатам разбора принципов работы преобразователей.

Тема 4. Расчёт параметров накопителя энергии. Обучающиеся выполняют расчёт требуемой энергоёмкости и мощности накопителя энергии для заданного гоночного цикла. Проводится сравнение характеристик различных типов накопителей (аккумуляторные батареи, ультраконденсаторы) для решения поставленной задачи. Анализируется влияние массы накопителя на общие динамические характеристики автомобиля. Обсуждаются вопросы теплового режима накопителя в условиях гонки. Составляется отчёт с результатами расчёта.

Тема 5. Анализ алгоритмов работы системы управления батареей (BMS). Обучающиеся изучают алгоритмы балансировки ячеек и контроля параметров батареи на примере технической документации BMS. Рассматриваются сценарии срабатывания защитных функций системы. Анализируются методы определения остаточного ресурса батареи. Обсуждаются вопросы интеграции BMS с общей электронной архитектурой автомобиля. Формируется отчёт по результатам анализа.

Тема 6. Разбор принципов работы систем рекуперации энергии. Обучающиеся анализируют принципиальные схемы систем рекуперации (KERS, MGU-K, MGU-H) на основе технической документации. Рассматриваются алгоритмы управления процессами накопления и отдачи энергии. Обсуждается влияние систем рекуперации на итоговые энергетические и динамические характеристики автомобиля. Анализируются регламентные ограничения на конкретных примерах. Формулируются выводы о перспективах развития систем рекуперации.

Тема 7. Анализ архитектур гибридных силовых установок. Обучающиеся сравнивают различные архитектуры гибридных силовых установок на примере современных гоночных серий. Рассматриваются алгоритмы распределения мощности между источниками энергии в различных режимах движения. Обсуждаются критерии выбора архитектуры для конкретной гоночной задачи. Анализируется влияние архитектуры на массогабаритные показатели силовой установки. Формируется сравнительный отчёт.

Тема 8. Построение имитационной модели элемента электрической трансмиссии. Обучающиеся строят упрощённую имитационную модель элемента электрической трансмиссии (электрическая машина, накопитель энергии) в среде моделирования. Проводится верификация модели по заданным исходным характеристикам. Выполняется параметрическое исследование влияния изменения характеристик на ыходные показатели модели. Анализируются полученные результаты моделирования. Составляется итоговый отчёт по результатам построения модели.

Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Отсутствуют курсовые проекты согласно учебному плану

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

- ФГОС ВО по направлению подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» (уровень магистратуры);
- ГОСТ Р 51715-2017 «Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Общие технические требования»;
- ГОСТ IEC 61851 (все части) «Системы проводной зарядки электрических транспортных средств»;

- ГОСТ Р 50077-92 «Электрооборудование автомобилей и тракторов. Общие технические требования»;

Технические регламенты FIA в части электрических и гибридных силовых установок (актуальная редакция).

4.2 Основная литература

- Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком.
- Осипов А. В. Электромобили: конструкция, теория, расчёт: учебное пособие. — М.: Форум.
- Пахомов А. Н. Тяговые электрические машины и преобразователи: учебное пособие. — М.: Академия.

4.3 Дополнительная литература

- Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. — М.: СОЛОН-Пресс.
- Материалы технических регламентов FIA по гибридным силовым установкам (Формула-1, Формула Е — актуальная редакция, официальный сайт FIA).
- Периодические издания и материалы конференций по тематике электрификации автоспорта (актуальные выпуски).

4.4 Электронные образовательные ресурсы

- Электронно-библиотечная система вуза;
- Образовательный портал вуза (курс дисциплины, методические материалы, презентации лекций);
- Национальная электронная библиотека (НЭБ).

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

- MATLAB/Simulink (или свободный аналог — Octave/Scilab) для моделирования электроприводов и накопителей энергии;
- Специализированное ПО для моделирования силовых электронных схем (PSIM, PLECS — учебные лицензии, либо свободный аналог LTspice);
- Пакет офисного ПО (Microsoft Office / LibreOffice).

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Научная электронная библиотека ;
- База данных стандартов «Техэксперт» / «Кодекс»;
- Справочно-правовые системы «КонсультантПлюс» / «Гарант».

5. Материально-техническое обеспечение

Учебная лаборатория, оснащённая компьютерами с установленным специализированным программным обеспечением для моделирования электроприводов;
Мультимедийное оборудование для проведения лекционных и семинарских занятий (проектор, экран).

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

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 лабораторных 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, ответить на вопросы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться лабораторной работой. Темы задач, предлагаемых студентам для решения на лабораторных 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 зачетом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий экзамен, лично несёт ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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 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.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

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

- подготовка и выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольный заданий.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	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 другие конструкции.

Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на другие конструкции.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Примеры тем для контрольных заданий:

1. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
2. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя с фазным ротором.
3. Регулирование частоты вращения ДПТ последовательного возбуждения.
4. Регулирование частоты вращения ДПТ параллельного возбуждения.
5. Расчет мощности электродвигателя для продолжительного режима работы.
6. Расчет мощности электродвигателя для повторно-кратковременного режима работы.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену:

1. Опишите основные архитектуры электрических трансмиссий гоночных автомобилей.
2. Какие типы тяговых электрических машин применяются в автоспорте и каковы их особенности?
3. Опишите принцип работы силового преобразователя (инвертора) в электроприводе.
4. Какие типы накопителей энергии применяются в электрических трансмиссиях гоночных автомобилей?
5. Каковы функции и принципы работы системы управления батареей (BMS)?
6. Опишите принцип работы систем рекуперации энергии KERS/MGU-K/MGU-H.

7. Какие архитектуры гибридных силовых установок применяются в автоспорте?
8. Каковы алгоритмы распределения мощности в гибридной силовой установке?
9. Опишите возможности прикладного программного обеспечения для моделирования электрической трансмиссии.
10. Какие регламентные требования предъявляются к электрическим и гибридным силовым установкам в автоспорте?
11. Каковы требования безопасности при эксплуатации высоковольтных накопителей энергии?
12. Приведите пример алгоритма векторного управления электроприводом.
13. Каковы критерии выбора типа тяговой электрической машины для конкретной гоночной задачи?
14. Опишите методы верификации имитационной модели электрической трансмиссии.
15. Каковы перспективы развития электрификации в автоспорте с учётом изменения регламентов?