

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н. Вильбергер М. Е.
“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Автоматизированный тяговый электропривод

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская
программа: Повышение энергоэффективности систем электрического транспорта

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет мехатроники и автоматизации,

№	Вид деятельности	Семестр	
		2	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	4
2	Всего часов	108	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	63	64
4	Лекции, час.	18	18
5	Практические занятия, час.	18	18
6	Лабораторные занятия, час.	18	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	12	18
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	7	8
10	Самостоятельная работа, час.	45	80
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ	контр.
12	Вид аттестации	Э	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №1500 от 21.11.2014 г. , дата утверждения: 11.12.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭТК, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Бирюков В. В.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Щуров Н. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Щуров Н. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки; в части следующих результатов обучения:	
з1. знать основные принципы построения автоматизированных систем управления электротехническими системами	
у3. уметь мотивировать целесообразность принятого решения	
Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
з7. знать схемные решения, обеспечивающие минимизацию материальных и энергетических затрат	
у1. уметь разрабатывать схемотехнические решения на основе анализа информации с передовых рубежей достижений в науке и технике	
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность самостоятельно выполнять исследования; в части следующих результатов обучения:	
з3. знать системы компьютерной математики и имитационного моделирования	
Компетенция ФГОС: ПК.24 способность принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения; в части следующих результатов обучения:	
з2. знать современные методы и средства повышения энергоэффективности электротехнических объектов и систем	
у2. уметь оценивать энергетическую эффективность разрабатываемых объектов и систем	
Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений; в части следующих результатов обучения:	
з2. знать основные конструктивные решения электротехнических объектов, критерии целесообразности их использования для достижения поставленных целей	
у1. уметь анализировать достоинства и недостатки предлагаемых проектно-конструкторских решений	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Автоматизированный тяговый электропривод	
ОПК.1.з1 знать основные принципы построения автоматизированных систем управления электротехническими системами	
1.з1. знать основные принципы построения автоматизированных систем управления электротехнологическими установками	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.1.у3 уметь мотивировать целесообразность принятого решения	
2.у3. уметь мотивировать целесообразность принятого решения	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.з3 знать системы компьютерной математики и имитационного моделирования	
3.з1. знать системы компьютерной математики и имитационного моделирования	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.4.з7 знать схемные решения, обеспечивающие минимизацию материальных и энергетических затрат	
4.з1. знать схемные решения, обеспечивающие минимизацию материальных и энергетических затрат	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.4.у1 уметь разрабатывать схемотехнические решения на основе анализа информации с передовых рубежей достижений в науке и технике	

5.y1. уметь разрабатывать схемотехнические решения на основе анализа информации с передовых рубежей достижений в науке и технике	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.5.32 знать основные конструктивные решения электротехнических объектов, критерии целесообразности их использования для достижения поставленных целей	
6.31. знать основные конструктивные решения электротехнологических установок, критерии целесообразности их использования для достижения поставленных целей	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.5.y1 уметь анализировать достоинства и недостатки предлагаемых проектно-конструкторских решений	
7.y1. уметь обнаруживать достоинства и недостатки предлагаемых проектно-конструкторских решений	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.24.32 знать современные методы и средства повышения энергоэффективности электротехнических объектов и систем	
8.32. знать современные методы и средства повышения энергоэффективности электротехнических объектов и систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.24.y2 уметь оценивать энергетическую эффективность разрабатываемых объектов и систем	
9.y2. уметь оценивать энергетическую эффективность разрабатываемых объектов и систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Назначение, структура и основные элементы тягового электропривода.				
1. Классификация тяговых электроприводов.	0	2	1, 8	Особенности условий работы тягового электропривода.
Дидактическая единица: Системы автоматического управления тяговыми электроприводами.				
2. Структурная схема систем автоматического управления. Принципы управления.	0	6	3, 8	Классификация систем автоматического управления. Классификация систем автоматического управления (САУ) электропод-вижным составом (ЭПС).
Дидактическая единица: Функциональные схемы систем автоматического регулирования.				
3. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС.	0	6	4, 7	Функциональные элементы САР ЭПС: задающие, промежуточные, датчики, объекты регулирования, исполнительные и управляющие элементы.
Дидактическая единица: Структурные схемы САР.				
4. Структурные схемы и передаточные функции разомкнутых и замкнутых САР.	0	2	5, 6	Структурные схемы и передаточные функции САР ЭПС.
Дидактическая единица: Синтез САР.				

5. Общая характеристика задач синтеза и принципы коррекции.	0	2	4, 6, 7, 9	Особенности синтеза САР ЭПС. Принципы автоведения ЭПС: назначение и область применения; принципы оптимального управления ЭПС; алгоритмы и программы автоматического управления ЭПС в режимах тяги, выбега, торможения; надёжность систем автоведения.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Моделирование механической части электропривода транспортных средств.				
6. Требования к тяговым характеристикам транспортных средств.	0	4	3, 8	Пересчет электромагнитного момента двигателя в силу тяги на ободу колеса.
Дидактическая единица: Электромеханические характеристики асинхронного двигателя.				
7. Влияние частоты и напряжения на форму скоростной характеристики.	0	4	3, 4, 5, 6	Способы пуска двигателя, выбор численных характеристик пуска для обеспечения заданного ускорения (момента).
Дидактическая единица: Построение силовых схем инверторов напряжения.				
8. Особенности совместного управления ключами трехфазного мостового инвертора.	0	4	1, 7, 9	Принцип работы однофазного инвертора напряжения: диапазон выходных напряжений, формирование управляющих сигналов на ключе, выбор схемных решений и параметров фильтрующих устройств, диапазоны частот выходного напряжения и коммутации ключа.
Дидактическая единица: Основы векторного управления асинхронным электроприводом.				
9. Области применения векторного управления.	0	4	3, 5, 9	Представление напряжений и токов в векторном виде, последовательности коммутации ключей.
Дидактическая единица: Основные принципы управления синхронным двигателем с постоянными магнитами.				
10. Электромеханические характеристики синхронного двигателя.	0	2	3, 5, 7	Сравнительный анализ основных типов электродвигателей. Способы управления двигателем с постоянными магнитами.

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Функциональные схемы систем автоматического регулирования.				

1. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС.	0	18	1, 4	Функциональные элементы САР ЭПС: задающие, промежуточные, датчики, объекты регулирования, исполнительные и управляющие элементы.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Системы автоматического управления тяговыми электроприводами.				
2. Векторное управление двигателями переменного тока.	0	18	3	Векторное управление.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Моделирование механической части электропривода транспортных средств.				
1. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС.	4	6	2, 3, 4, 8	Функциональные элементы САР ЭПС: задающие, промежуточные, датчики, объекты регулирования, исполнительные и управляющие элементы.
Дидактическая единица: Системы автоматического управления тяговыми электроприводами.				
2. Структурные схемы и передаточные функции САР ЭПС.	2	6	2, 3, 4, 9	Структурные схемы и передаточные функции разомкнутых и замкнутых САР.
Дидактическая единица: Синтез САР.				
3. Синтез САР ЭПС с нелинейными звеньями.	6	6	2, 4, 7, 9	Особенности синтеза САР ЭПС. Принципы автоведения ЭПС.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Моделирование механической части электропривода транспортных средств.				
4. Пересчет электромагнитного момента двигателя в силу тяги на ободе колеса.	6	6	2, 3	Влияние тяговой передачи на тяговые характеристики транспортного средства.
Дидактическая единица: Построение силовых схем инверторов напряжения.				
5. Диапазон выходных напряжений, формирование управляющих сигналов на ключе, выбор схемных решений и параметров фильтрующих устройств, диапазоны частот выходного напряжения и коммутации ключа.	6	6	2, 3, 7	Особенности совместного управления ключами трехфазного мостового инвертора.
Дидактическая единица: Основные принципы управления синхронным двигателем с постоянными магнитами.				
6. Области применения векторного управления.	6	6	2, 3	Представление напряжений и токов в векторном виде, последовательности коммутации ключей.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	РГЗ	1, 2, 4	25	0
: Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков, А. А. Штанг ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233936 . - Загл. с экрана. Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870				
2	Подготовка к занятиям	3	5	0
подготовка к лабораторным работам: Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков, А. А. Штанг ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233936 . - Загл. с экрана. Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870				
3	Подготовка к аттестации	5, 6, 7, 9	15	7
: Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков, А. А. Штанг ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233936 . - Загл. с экрана. Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870				
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	2, 7, 8	20	0
подготовка ответов на вопросы: Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков, А. А. Штанг ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233936 . - Загл. с экрана. Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870				
2	Подготовка к занятиям	1, 3	35	0
подготовка к лабораторным работам: Штанг А. А. Моделирование тягового привода в Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Штанг, А. В. Мятёж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221609 . - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к аттестации	1, 2, 5, 7, 8, 9	25	8
: Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков, А. А. Штанг ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233936 . - Загл. с экрана. Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:vavib49@mail.ru; ЭБС
Консультирование	e-mail:vavib49@mail.ru
Контроль	e-mail:vavib49@mail.ru
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Метод проектов	ОПК.1; ОПК.4; ПК.2; ПК.24; ПК.5;
Формируемые умения: з2. знать современные методы и средства повышения энергоэффективности электротехнических объектов и систем; з3. знать системы компьютерной математики и имитационного моделирования; з7. знать схемные решения, обеспечивающие минимизацию материальных и энергетических затрат; у1. уметь анализировать достоинства и недостатки предлагаемых проектно-конструкторских решений; у2. уметь оценивать энергетическую эффективность разрабатываемых объектов и систем; у3. уметь мотивировать целесообразность принятого решения		
Краткое описание применения: Подробная информация об использовании технологии приводится в "Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870 "		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
Лекция:	13	27
Контролирующие материалы приводятся в "Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870 "		
Лабораторная:	9	18
Контролирующие материалы приводятся в "Штанг А. А. Моделирование тягового привода в Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Штанг, А. В. Мятаж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221609 . - Загл. с экрана."		
РГЗ:	8	15
Экзамен:	20	40

Семестр: 3		
Лекция:	6	13
Контролирующие материалы приводятся в "Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870 "		
Лабораторная:	9	18
Контролирующие материалы приводятся в "Штанг А. А. Моделирование тягового привода в Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Штанг, А. В. Мятаж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221609 . - Загл. с экрана."		
Практические занятия:	7	14
Контролирующие материалы - Электронный лектор		
Контрольные работы:	8	15
Контролирующие материалы - Паспорт КоР		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Защита ЛР	Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.1	з1. знать основные принципы построения автоматизированных систем управления электротехническими системами	+		+	+
	у3. уметь мотивировать целесообразность принятого решения			+	
ОПК.4	з7. знать схемные решения, обеспечивающие минимизацию материальных и энергетических затрат			+	+
	у1. уметь разрабатывать схемотехнические решения на основе анализа информации с передовых рубежей достижений в науке и технике		+		+
ПК.2	з3. знать системы компьютерной математики и имитационного моделирования	+	+		
ПК.24	з2. знать современные методы и средства повышения энергоэффективности электротехнических объектов и систем	+			+
	у2. уметь оценивать энергетическую эффективность разрабатываемых объектов и систем				+
ПК.5	з2. знать основные конструктивные решения электротехнических объектов, критерии целесообразности их использования для достижения поставленных целей			+	
	у1. уметь анализировать достоинства и недостатки предлагаемых проектно-конструкторских решений		+		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Симаков Г. М. Автоматизированный электропривод : учебное пособие / Г. М. Симаков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 133, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/10_simakov.pdf

2. Бирюков В. В. Тяговый электрический привод : учебное пособие / В. В. Бирюков, Е. Г. Порсев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 312, [1] с. : ил., табл., схемы. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000182460
3. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов по специальности 140604 "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" направления подготовки 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Г. Г. Соколовский. - М., 2006. - 264, [1] с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. Электронный лектор [Электронный ресурс] : автоматизированная обучающая система. - Новосибирск : НГТУ, 2016-2017. - Режим доступа: <http://el.nstu.ru/>. - Загл. с экрана.
2. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
3. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
5. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
6. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Штанг А. А. Моделирование тягового привода в Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Штанг, А. В. Мятёж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221609. - Загл. с экрана.
2. Обучающая система "Электронный лектор" : методические указания для преподавателей / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. А. Штанг, М. В. Ярославцев]. - Новосибирск, 2017. - 13, [3] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235425
3. Автоматизированный тяговый электропривод : программа и методические указания к изучению курса для магистрантов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Бирюков]. - Новосибирск, 2014. - 10, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000212870
4. Бирюков В. В. Автоматизированный тяговый электропривод [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Бирюков, А. А. Штанг ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233936. - Загл. с экрана.
5. Штанг А. А. Моделирование тягового привода в MATLAB SIMULINK : учебно-методическое пособие для магистрантов направления 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / А. А. Штанг, А. В. Мятёж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 47 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000228579
6. Тяговый электропривод : программа и методические указания для выполнения расчетно-графической работы направления 140600 специальности 140606 - Электрический транспорт / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Е. Г. Порсев, Е. А. Спиридонов, Б. В. Малоземов]. - Новосибирск, 2011. - 32, [3] с. : табл., ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000159726

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

3 Matlab Simulink

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Для выполнения лабораторных работ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизированный тяговый электропривод

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская
программа: Повышение энергоэффективности систем электрического транспорта

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод» приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки	з1. знать основные принципы построения автоматизированных систем управления электротехническим и системами	Классификация тяговых электроприводов. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС.	РГЗ, разделы 6,7	Экзамен, вопросы 1-10
ОПК.1	у3. уметь мотивировать целесообразность принятого решения	Пересчет электромагнитного момента двигателя в силу тяги на ободу колеса.	РГЗ, разделы 4,5	
ОПК.4 способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности	з7. знать схемные решения, обеспечивающие минимизацию материальных и энергетических затрат	Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС.	РГЗ, разделы 6,7	Экзамен, вопросы 11-20
ОПК.4	у1. уметь разрабатывать схемотехнические решения на основе анализа информации с передовых рубежей достижений в науке и технике	Структурные схемы и передаточные функции разомкнутых и замкнутых САР.	Контрольная работа, раздел 4	Экзамен, вопросы 2, 24-31
ПК.2 способность самостоятельно выполнять исследования	з3. знать системы компьютерной математики и имитационного моделирования	Векторное управление двигателями переменного тока. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС.	Контрольная работа, раздел 4	Экзамен, вопросы 32-36
ПК.24 способность принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения	з2. знать современные методы и средства повышения энергоэффективности электротехнических объектов и систем	Структурная схема систем автоматического управления. Принципы управления. Требования к тяговым характеристикам транспортных средств.		Экзамен, вопросы 3,6

ПК.24	у2. уметь оценивать энергетическую эффективность разрабатываемых объектов и систем	Области применения векторного управления. Общая характеристика задач синтеза и принципы коррекции.		Экзамен, вопрос 12
ПК.5 готовность проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений	з2. знать основные конструктивные решения электротехнических объектов, критерии целесообразности их использования для достижения поставленных целей	Структурные схемы и передаточные функции разомкнутых и замкнутых САР.	РГЗ, разделы 4-7	
ПК.5	у1. уметь анализировать достоинства и недостатки предлагаемых проектно-конструкторских решений	Особенности совместного управления ключами трехфазного мостового инвертора. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР) ЭПС. Электромеханические характеристики синхронного двигателя.	Контрольная работа, раздел 4	Экзамен, вопросы 3,6

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре - в форме экзамена, в 3 семестре - в форме экзамена, которые направлены на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.4, ПК.2, ПК.24, ПК.5.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

Во 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.4, ПК.2, ПК.24, ПК.5, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Кафедра электротехнических комплексов

Паспорт экзамена

по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-18, второй вопрос из диапазона вопросов 19-36 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод»

1. Особенности условий работы тягового привода.
2. Уравнения контура регулирования скорости ЭПС с тиристорным управлением.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭТК _____ д.т.н., проф. Н.И. Щуров
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0-49 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, допускает не принципиальные ошибки, оценка составляет *50-72 балла*.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок, оценка составляет *73-86 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок, оценка составляет *87–100 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются с коэффициентом **0,4** (в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины), в соответствии с которой итоговая оценка усвоения дисциплины определяется суммой баллов по результатам выполнения всех видов работ.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод»

1. Назначение, структура и основные элементы тягового электропривода.
2. Классификация тяговых электроприводов.
3. Особенности условий работы тягового привода.
6. Структурная схема систем автоматического управления.
7. Принципы управления, применяемые в системах автоматического управления.
8. Классификация систем автоматического управления.
9. Классификация систем автоматического управления электроподвижным составом.
10. Уровни автоматизации транспортных процессов.
11. Управление движением поезда при различных уровнях автоматизации.
12. Особенности условий автоматического регулирования и управления ЭПС.
13. Технико-экономическая эффективность автоматизации процесса управления ЭПС.
14. Типовые функциональные схемы систем автоматического регулирования ЭПС.
15. Задающие элементы САР ЭПС.
16. Промежуточные функциональные элементы САР ЭПС.
17. Датчики САР ЭПС.
18. Объекты регулирования САР ЭПС.
19. Исполнительные элементы САР ЭПС.
20. Управляющие элементы САР ЭПС.
21. Структурные схемы и передаточные функции тягового электродвигателя как линеаризованного объекта регулирования.
22. Структурные схемы и передаточные функции разомкнутых САР.
23. Структурные схемы и передаточные функции замкнутых САР.
24. Структурные схемы и передаточные функции САР ЭПС.
25. Устойчивость и качество регулирования линейных САР.
26. Нелинейные САР тягового электродвигателя и ЭПС.
27. Функциональные схемы САР скорости движения электровоза ВЛ85.
28. Функциональные схемы САР реостатного торможения электровоза ВЛ80Р.

29. Структурная схема системы стабилизации тока исполнительным элементом, изменяющим напряжение на его зажимах.
30. Уравнения контура регулирования скорости ЭПС с тиристорным управлением.
31. Уравнения контура регулирования скорости ЭПС с резисторно-контакторным управлением.
32. Общая характеристика задач синтеза и принципы коррекции САР ЭПС.
33. Особенности синтеза контура регулирования скорости электровоза в многоконтурных САР ЭПС.
34. Принципы автоведения ЭПС: назначение и область применения; принципы оптимального управления ЭПС.
35. Алгоритмы и программы автоматического управления ЭПС в режимах тяги, выбега, торможения.
36. Автономные системы ведения для электровозов и электропоездов.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод», 2 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студентами выполняется письменная работа в соответствии с исходными данными с последующей устной защитой. Рекомендуемый объём – 25 страниц машинописного текста.

Исходные данные для выполнения вариантов задания приведены в таблице.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести поиск источников по назначенной теме, произвести требуемые расчёты параметров оборудования и подобрать его из каталогов серийно выпускаемой продукции.

Обязательные структурные части РГЗ:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Введение.
4. Разработка схемы тягового привода транспортного средства.
5. Разработка силовой цепи электрической части привода.
6. Разработка структурной схемы системы управления тяговым двигателем в режиме стабилизации тока.
7. Разработка структурной схемы системы управления тяговым двигателем в режиме стабилизации скорости.
8. Заключение;
9. Список источников.

При необходимости работа может содержать приложения, дополняющие основную часть (таблицы, диаграммы, графики, рисунки, схемы).

Оцениваемые позиции:

Оценке подлежат расчёты и обоснование выбора оборудования по пунктам 4, 5, 6 и 7 структурной части РГЗ.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), выбранное оборудование и схемы управления не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 0-7 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: расчёты содержат ошибки, приведшие к неверному определению части оборудования, схемные решения не являются оптимальными, оценка составляет 8-10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объёме, но расчёты содержат неточности, не позволившие выбрать оптимальное по характеристикам оборудование, разработанные схемы выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 11-13 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если в расчётах не было допущено ошибок, обосновано выбрано оборудование и составлены оптимальные варианты схем, оценка составляет 14-15 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины, где максимальная оценка выполнения работы составляет 15 баллов.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Вариант задания выбирается студентом по числу, образованному двумя последними цифрами зачётной книжки, по таблице:

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПС	трамв.	трол.	метро	электро- мобиль	элек- тробус	трамв.	трол.	метро	электро- мобиль	элек- тробус
Вмест.	130	150	170	5	25	200	100	220	13	50

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электротехнических комплексов

Паспорт экзамена

по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод», 3 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит 3 вопроса из списка: 1 вопрос из диапазона вопросов 1-8, 2 вопрос из диапазона вопросов 9-18, 3 вопрос из диапазона вопросов имитационного моделирования 19-25. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

Экзаменационный билет по дисциплине
«Автоматизированный тяговый электропривод»

1. Вопрос Сформируйте векторную диаграмму асинхронного двигателя;
2. Вопрос Представьте диаграмму базовых векторов напряжения и сформируйте таблицу переключения ключей;
3. Вопрос Опишите (можно укрупнённо, не раскрывая подробно цепь вычислений) моделирование в Simulink - передаваемые величины, принципы их преобразования: Вычисления сопротивления движению поезда и действующей силы;

Утверждаю: зав. кафедрой ЭТК _____ Щуров Н.И.
(подпись)

_____ (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0-19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, оценка составляет 20-27 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок, оценка составляет 28- 35 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок, оценка составляет 36 - 40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины, в соответствии с которой итоговая оценка усвоения дисциплины определяется суммой баллов по результатам выполнения всех видов работ.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод»

1. Опишите укрупнено основные технологические узлы ЭПС и приведите основные современные варианты их проектирования.
2. Раскройте суть скалярного управления.
3. Приведите описание мгновенных значений, токов и потокосцеплений для асинхронных электродвигателей.
4. Приведите Т-образную схему замещения асинхронного электродвигателя.
5. Сформируйте векторную диаграмму асинхронного двигателя.
6. Опишите трехфазную систему пространственных векторов.
7. Приведите структурную схему преобразователя частоты со звеном постоянного тока и управляемым выпрямителем, опишите работу каждого узла.
8. Опишите состояние ключей инвертора и соответствующие им значения фазных напряжений.
9. Приведите схему и опишите работу однофазного инвертора с ШИМ.
10. Принципы ШИМ на примере однофазного инвертора.
11. Представьте диаграмму базовых векторов напряжения и сформируйте таблицу переключения ключей.
12. Опишите алгоритмы работы преобразователей частоты в режиме рекуперативного торможения асинхронного электродвигателя.
13. Напишите алгоритм расчета тяговой характеристики на начальной стадии пуска ЭПС с АД.
14. Напишите алгоритм расчета тяговой характеристики до выхода на номинальную мощность АД.
15. Напишите алгоритм расчета характеристики силы тяги в высоком диапазоне скоростей (выше ном. скорости).
16. Опишите алгоритм расчета АД в режиме торможения.
17. Приведите диапазон регулирования АД в режиме тяги с учетом накладываемых ограничений со стороны ЭПС и опишите, чем обусловлены накладываемые ограничения.
18. Опишите алгоритм изменения тяговых характеристик при скалярном управлении с корреляцией с характеристикой U/f .

Вопросы имитационного моделирования:

19. Общие принципы имитационного моделирования в среде Simulink: понятие имитационного моделирования, дискретность вычислений, принципы ввода и вывода информации при моделировании.
20. Расчет физических моделей в Simulink: задание исходных величин и снятие результатов, смысл блоков (операции) и соединений (величины) в модели.
21. Моделирование электрических цепей при помощи пакета SimPowerSystems: отличие от стандартных моделей (ненаправленность соединений), измерение электрических величин, управление работой схем, принципы замещения ключей в моделях.
22. Опишите (можно укрупнённо, не раскрывая подробно цепь вычислений) моделирование в Simulink - передаваемые величины, принципы их преобразования: перехода от момента силы к кривой движения поезда (без учета сопротивления движению);
23. Опишите (можно укрупнённо, не раскрывая подробно цепь вычислений) моделирование в Simulink - передаваемые величины, принципы их преобразования: Вычисления сопротивления движению поезда и действующей силы;
24. Опишите (можно укрупнённо, не раскрывая подробно цепь вычислений) моделирование в Simulink - передаваемые величины, принципы их преобразования: Расчета механической характеристики асинхронного двигателя;
25. Опишите (можно укрупнённо, не раскрывая подробно цепь вычислений) моделирование в Simulink - передаваемые величины, принципы их преобразования: Моделирование управляющего сигнала ключа однофазного инвертора.

Паспорт Контрольной работы

по дисциплине «Автоматизированный тяговый электропривод», 3 семестр

1. Методика оценки

В КР по дисциплине предполагается письменная работа с последующей устной защитой. Рекомендуемый объем – 15-18 страниц. Исходными данными для выполнения КР являются тип ЭПС и марка асинхронного (синхронного) электродвигателя. Студенту ставится задача рассчитать основные тяговые характеристики для ЭПС с тяговым двигателем переменного тока; построить на основе соотношения Клосса скоростную характеристику, осуществить ее пересчет на обод колеса ЭПС; на основе закона скалярного управления построить тяговую характеристику; построить характеристику для двухзонного регулирования; провести построение реализуемой тормозной силы. Представить алгоритмы управления тягового привода.

Перед началом выполнения работ по КР проводится лекция-беседа со всей группой, где излагается содержание и объём проекта, последовательность выполнения работ, требования, предъявляемые к работе и её оформлению и другие вопросы.

Последовательность и методы расчета задаются преподавателем на практических занятиях. На протяжении всего срока выполнения КР проводятся в соответствии с расписанием консультации. Студенты должны приходить на консультации с заранее подготовленными вопросами. Во время консультаций преподаватель задает студенту вопросы, заставляя его тем самым продумать методику расчёта. Одновременно преподаватель просматривает выполненную часть работы, отмечает выполнение этапов КР для учёта выполнения графика самостоятельной работы студентами.

Защита КР проводится в устной форме. В ходе защиты работы студенту может быть предложено: пояснить последовательность расчета; решить задачу на практическое применение основных расчетных формул.

Оцениваемые позиции:

- Своевременность выполнения задания;
- Полнота выполнения задания;
- Точность и правильность расчета;
- Выполнение общепринятых правил по оформлению формул и графиков в тексте задания;
- Полнота пояснений к выполненным расчетам, соответствие текста пояснений научному стилю речи;
- Ответы на вопросы в ходе защиты работы.

Обязательные структурные части КоР:

- 1) титульный лист;
- 2) содержание;
- 4) расчетная часть (должна содержать основные расчетные соотношения в, таблицы, графическую часть);

- 4.1) исходные данные: технические характеристики подвижного состава;
- 4.2) определение динамических показателей движения электротранспортного средства и подбор электродвигателя переменного тока; представление характеристик АД;
- 4.3) Построение электромеханической характеристики АД по формуле Клосса $n=f(M)$. Определение Sk ;
- 4.4) Пересчет механических характеристик АД на обод колеса электротранспортного средства;
- 4.5) Установление скорости выхода на автоматическую характеристику и определение пусковой силы тяги;
- 4.6) Расчет пусковой диаграммы с учетом двухзонного регулирования АД. Построение характеристик $V(F)$; $U(f)$ на основе скалярного управления. Установление $f_{нач}$; $U_{нач}$.
- 4.7) Построение тормозной диаграммы с учетом двухзонного регулирования АД.
- 5) заключение;
- 6) список использованной литературы;
- 7) приложения, (доп.таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схемы (необязательная часть)).

Рекомендуемое время представления КР двенадцатая рабочая неделя студент передает преподавателю всю работу в законченном и оформленном виде для проверки и подписи.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части КР, оценка составляет менее 0-7 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части КР выполнены формально: отсутствует описание процессов в структурной и принципиальной схемах тягового привода, в расчете допущены ошибки, существенно искажающие полученные результаты, либо лишаящие их физического смысла, оценка составляет 8-10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если в КР процессы функционирования тягового привода описаны неполно, в расчете допущены незначительные ошибки, оценка составляет 11-13 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если дано детальное описание процессов, расчет характеристик привода выполнен без ошибок, оценка составляет 14-15 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за КР учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем КР

В КР выполняется расчет параметров тягового привода, выбранного транспортного средства, включающего электродвигатель переменного тока (тип, серию ЭПС и марку электродвигателя переменного тока студент выбирает самостоятельно по согласованию с руководителем).