

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета _____ Бурковский А.В.
«31» августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Робастные и адаптивные системы управления электроприводами»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроприводы и системы управления электроприводов

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Автор программы

/д.т.н. проф. Литвиненко А.М./

**Заведующий кафедрой
Электропривода,
автоматики и управления в
технических системах**

/д.т.н. проф. Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

/д.т.н. проф. Питолин В.М./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Обеспечение базовой подготовки студентов в области робастных и адаптивных систем управления электроприводами, а также формирование у студентов способности понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; способности использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры; способности самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области; способности к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов; способности выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- приобрести знания об основных принципах построения робастных и адаптивных систем управления;
- овладеть методами синтеза алгоритмов адаптивного управления объектами разнообразного назначения;
- получить навыки применения современных программных средств для исследования робастных и адаптивных систем управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Робастные и адаптивные системы управления электроприводами» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Робастные и адаптивные системы управления электроприводами» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен разрабатывать проекты системы электропривода

ПК-2 - Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать основы математических методов, на которых базируется построение робастных и адаптивных систем
	Уметь осуществлять синтез, проводить анализ и моделирование робастных и адаптивных систем управления с применением пакетов прикладных программ; осваивать новые достижения теории робастного и адаптивного управления и применять их в своей производственной деятельности

	Владеть опытом применения методов современной теории управления, необходимых для анализа и синтеза робастных и адаптивных систем управления на базе промышленных микропроцессорных контроллеров.
ПК-2	Знать основные схемы систем робастного и адаптивного управления, их состав и особенности функционирования Уметь осуществлять программно-аппаратную реализацию адаптивных систем различного типа; находить и использовать научно-техническую информацию в исследуемой области из различных ресурсов, включая информацию на английском языке. Владеть опытом компьютерного моделирования робастных и адаптивных систем управления; опытом использования в ходе проведения исследований научно-технической информации, internet-ресурсов, баз данных и каталогов, электронных журналов и поисковых ресурсов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Робастные и адаптивные системы управления электроприводами» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	126	126
Курсовая работа	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Понятие об робастном и адаптивном управлении	Общие определения. Критерии оптимальности систем автоматического регулирования. Ограничения фазовых координат и управления. Задачи оптимизации. Классификация робастных и адаптивных систем.	4	2	4	20	30
2	Общая характеристика математических моделей объектов и систем оптимизации	Типовые формы уравнений. Общие понятия об идентификации. Компенсационные методы идентификации статики объектов. Методы идентификации динамики нестационарных объектов. Оценка свойств объектов по их математическим моделям. Оценивание вектора состояния.	4	2	4	20	30
3	Методы синтеза робастных и адаптивных систем	Методы синтеза алгоритмов робастных управлений объектами в статических и установившихся режимах. Классический метод вариационного исчисления. Метод динамического программирования.	4	2	4	20	30
4	Методы синтеза робастных и адаптивных систем	Методы синтеза робастных систем при случайных сигналах. Методы расчета робастных значений параметров. Особенности применения типовых методов синтеза робастных уравнений в задачах векторной оптимизации объектов.	2	4	2	22	30
5	Построение адаптивных и робастных систем	Принципы построения экстремальных систем. Примеры задач экстремального управления. Построение одномерных экстремальных систем. Принципы построения оптимальных по быстродействию систем. Теорема об n интервалах. Примеры синтеза оптимальных по быстродействию линейных систем.	2	4	2	22	30
6	Построение адаптивных и робастных систем	Принцип построения оптимальных по точности систем. Примеры синтеза оптимальных по точности систем при детерминированных сигналах. Принципы построения самонастраивающихся систем. Особенности самонастраивающихся систем. Системы, самонастраивающиеся по сигналам внешних воздействий. Системы, самонастраивающиеся по динамическим характеристикам объектов. Построение систем, самонастраивающихся по сигналам внешних воздействий и динамическим характеристикам объектов	2	4	2	22	30
Итого			18	18	18	126	180

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 3 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Динамические свойства экстремальных систем с измерением производных»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Разработать адаптивную систему управления (параметрическая настройка) промышленным роботом инвариантную возмущающему воздействию

- Разработать адаптивную систему управления (сигнальная настройка) промышленным роботом инвариантную возмущающему воздействию.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать основы математических методов, на которых базируется построение робастных и адаптивных систем	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь осуществлять синтез, проводить анализ и моделирование робастных и адаптивных систем управления с применением пакетов прикладных программ; осваивать новые достижения теории робастного и адаптивного управления и применять их в своей производственной деятельности	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть опытом применения методов современной теории управления, необходимых для анализа и синтеза робастных и адаптивных систем управления на базе промышленных микропроцессорных контроллеров.	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ПК-2	знать основные схемы систем робастного и адаптивного управления, их состав и особенности функционирования	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь осуществлять программно-аппаратную реализацию адаптивных систем различного типа; находить и использовать научно-техническую информацию в исследуемой области из различных ресурсов, включая информацию на английском языке.	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть опытом компьютерного моделирования робастных и адаптивных систем управления; опытом использования в ходе проведения исследований научно-технической информации, internet-ресурсов, баз данных и каталогов, электронных журналов и поисковых ресурсов.	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

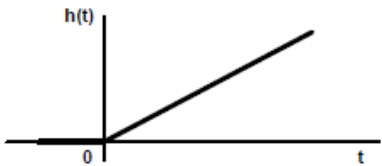
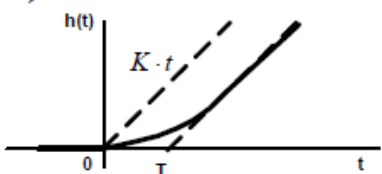
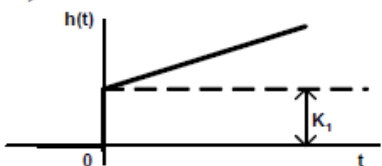
Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать основы математических методов, на которых базируется построение робастных и адаптивных систем	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять синтез, проводить анализ и моделирование робастных и адаптивных систем управления с применением пакетов прикладных программ; осваивать новые достижения теории робастного и адап-	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	тивного управления и применять их в своей производственной деятельности					
	владеть опытом применения методов современной теории управления, необходимых для анализа и синтеза робастных и адаптивных систем управления на базе промышленных микро-процессорных контроллеров.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	знать основные схемы систем робастного и адаптивного управления, их состав и особенности функционирования	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять программно-аппаратную реализацию адаптивных систем различного типа; находить и использовать научно-техническую информацию в исследуемой области из различных ресурсов, включая информацию на английском языке.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть опытом компьютерного моделирования робастных и адаптивных систем управления; опытом использования в ходе проведения исследований научно-технической информации, интернет-ресурсов, баз данных и каталогов, электронных журналов и поисковых ресурсов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

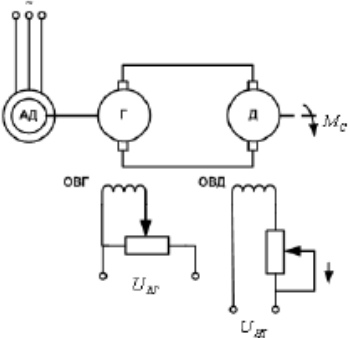
7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Вопрос №1

Вопрос	Ответ
Какая из приведенных переходных характеристик интегрирующих звеньев относится к звену с запаздыванием?	А) 
	Б) 
	В) 
	Г) Нет правильного ответа

Вопрос №2

Вопрос	Ответ
На рисунке представлена схема Г-Д. Что произойдет при перемещении реостата в цепи возбуждения двигателя в направлении, указанном стрелкой 	А) Скорость двигателя увеличится
	Б) Жёсткость механической характеристики системы Г-Д увеличится
	В) Скорость двигателя уменьшится
	Г) Скорость генератора уменьшится

Вопрос №3

Вопрос	Ответ
Укажите устройство, входящее в подсистему ввода данных с объекта управления в системе CNC-типа:	А) Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)
	Б) Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)
	В) Сторожевой таймер
	Г) Выходные регистры

Вопрос №4

Вопрос	Ответ
Какова передаточная функция ПИД-регулятора?	А) $W(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1}$
	Б) $W(p) = K + \frac{1}{T \cdot p}$
	В) $W(p) = \frac{1 + T_1 \cdot p}{1 + T_2 \cdot p}$
	Г) $W(p) = \frac{(1 + T_1 \cdot p)(1 + T_2 \cdot p)}{T_I \cdot p}$

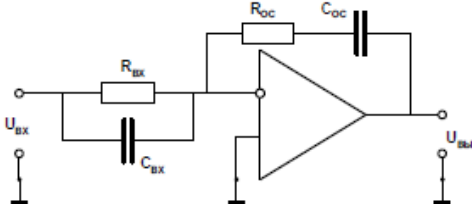
Вопрос №5

Вопрос	Ответ
Импульсный датчик скорости (энкодер), имеющий 1000 меток/оборот, используется для измерения угловой скорости вала электродвигателя по методу прямой функции за время 100 мс. Зарегистрировано при измерении 500 импульсов. Какова скорость вращения вала в об/мин?	А) 100 об/мин
	Б) 60 об/мин
	В) 300 об/мин
	Г) 1500 об/мин

Вопрос №6

Вопрос	Ответ
Для 9-разрядного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), управляемого дополнительным биполярным кодом и имеющим опорное напряжение 5,12 В укажите код, необходимый для формирования на выходе сигнала задания на скорость $U_{3C} = -2,4$ В	А) 010001000
	Б) 110001000
	В) 110010111
	Г) 100010001

Вопрос №7

Вопрос	Ответ
Какому регулятору соответствует приведенная схема? 	А) Пропорционально-интегральному (ПИ)
	Б) Пропорционально-дифференциальному (ПД)
	В) Пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД)
	Г) Пропорционально дифференциальному второго порядка (ПД ²)

Вопрос №8

Вопрос	Ответ
Шаговый двигатель (ШД) имеет число полюсных делений на обороте $Z = 20$ и использует четырехтактную схему коммутации ($n = 4$) при управлении целыми шагами. Вводится дробление шага, равное 2. Каков стал механический шаг двигателя?	А) $4,5^\circ$
	Б) $1,32^\circ$
	В) $0,56^\circ$
	Г) $2,25^\circ$

Вопрос №9

Вопрос	Ответ
Для 9-разрядного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), управляемого дополнительным биполярным кодом и имеющим опорное напряжение 5,12 В укажите код, необходимый для формирования на выходе сигнала задания на скорость $U_{3C} = +2,4$ В	А) 001111000
	Б) 101111000
	В) 010010111
	Г) 000010001

Вопрос №10

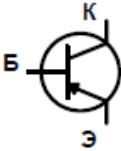
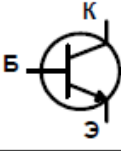
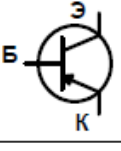
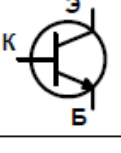
Вопрос	Ответ
Укажите, где обычно устанавливаются устройства выборки и хранения (УВХ)	А) На выходе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП)
	Б) На выходе аналого-цифрового преобразователя (АЦП)
	В) На входе аналого-цифрового преобразователя (АЦП)
	Г) На входе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Вопрос №1

Вопрос	Ответ
Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) имеет опорное напряжение 5,12 В и управляется смещенным биполярным кодом. Разрядность ЦАПn = 9. Определить коэффициент передачи ЦАП	А) 10 мВ
	Б) 20 мВ
	В) 1 мВ
	Г) 200 мВ

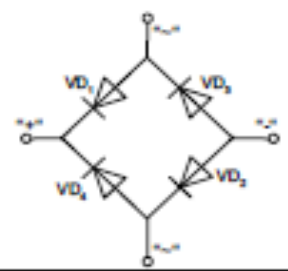
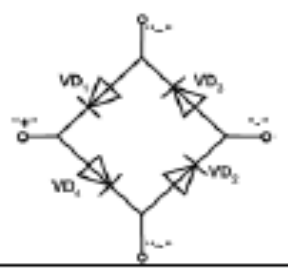
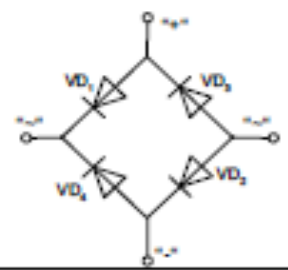
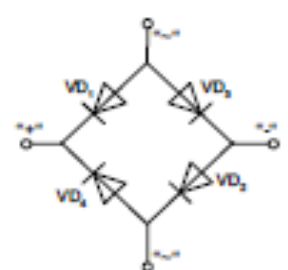
Вопрос №2

Вопрос	Ответ
Укажите правильное условное графическое обозначение (УГО) биполярного транзистора «n-p-n»-типа	А) 
	Б) 
	В) 
	Г) 

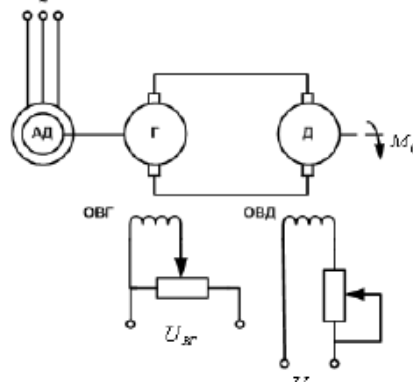
Вопрос №3

Вопрос	Ответ
Для измерения скорости вращения вала электродвигателя используется метод обратной функции с внутренним эталонным генератором, имеющим частоту 1 МГц. Число импульсов энкодера на оборот равно 1000. Зарегистрировано 100 импульсов за время измерения. Какова скорость вращения вала в рад/сек?	А) 6,28 рад/сек
	Б) 628 рад/сек
	В) 62,8 рад/сек
	Г) 31,4 рад/сек

Вопрос №4

Вопрос	Ответ
Укажите схему мостового однофазного выпрямителя	А) 
	Б) 
	В) 
	Г) 

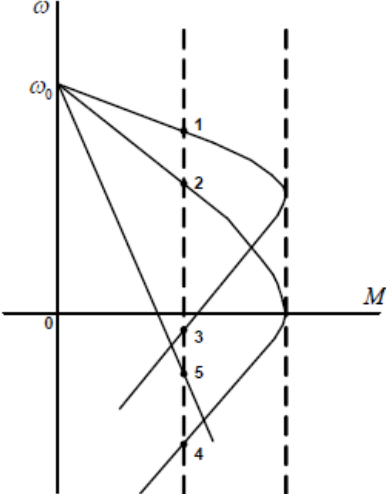
Вопрос №5

Вопрос	Ответ
На рисунке представлена схема Г–Д. Что произойдет при переключении полярности напряжения $U_{ВГ}$: 	А) Произойдет реверс генератора
	Б) Произойдет реверс асинхронного двигателя
	В) Произойдет реверс двигателя
	Г) Двигатель перейдет в генераторный режим

Вопрос №6

Вопрос	Ответ
Режим прерывистого тока в системе «широтно-импульсный преобразователь — двигатель постоянного тока»:	А) Имеет место при отсутствии дополнительной индуктивности в якорной цепи двигателя
	Б) Не имеет место
	В) Имеет место только при выходе из строя диода, включенного параллельно якору двигателя
	Г) Имеет место в режиме малых нагрузок

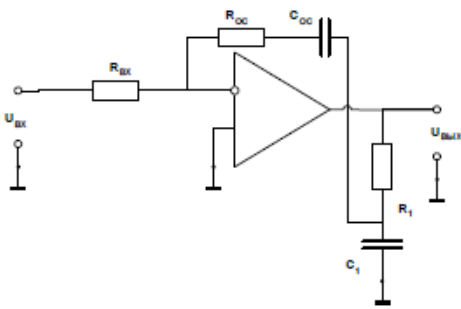
Вопрос №7

Вопрос	Ответ
Укажите правильный вариант: 1 — точка устойчивой работы, 0 — точка неустойчивой работы 	А) 1) 1 2) 1 3) 1 4) 1 5) 0
	Б) 1) 1 2) 1 3) 0 4) 0 5) 1
	В) 1) 1 2) 1 3) 0 4) 0 5) 0
	Г) 1) 0 2) 0 3) 1 4) 1 5) 1

Вопрос №8

Вопрос	Ответ
При вращении ротора асинхронного двигателя с синхронной частотой электромагнитный момент двигателя равен:	А) Номинальному моменту
	Б) Максимальному моменту
	В) Моменту холостого хода
	Г) Нулю

Вопрос №9

Вопрос	Ответ
Выберите правильный тип регулятора, соответствующий схеме: 	А) Пропорционально-интегральному (ПИ) Б) Пропорционально-интегральному второго порядка (ПИ²) В) Пропорционально дифференциальному второго порядка (ПД²) Г) Пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД)

Вопрос №10

Вопрос	Ответ
Укажите устройства, входящие в подсистему вывода данных в микропроцессорной системе управления объектом:	А) Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) Б) Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) В) Сторожевой таймер Г) Выходные регистры

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

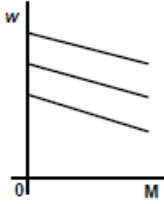
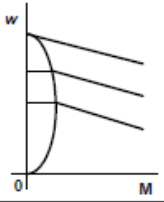
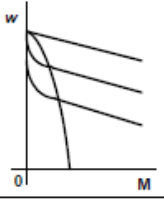
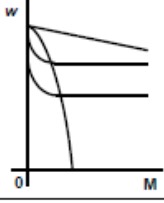
Вопрос №1

Вопрос	Ответ
При обработке кадра позиционного движения с использованием шагового электропривода на станке с ЧПУ задано перемещение $X = 100$ мм; $H = 200$ мм. Шаг станка по координатам $h_x = h_y = 5$ мм/имп. Какие коды должны быть выданы на вход цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) N_x и N_y? ЦАП имеет разрядность $n = 8$, нереверсивный	А) $N_x=00010100$, $N_y=00101000$ Б) $N_x=00000100$, $N_y=00010001$ В) $N_x=00011011$, $N_y=00111111$ Г) $N_x=10001000$, $N_y=01110000$

Вопрос №2

Вопрос	Ответ
Какое количество импульсов насчитает контроллер при передвижении рабочего органа на 5 см при разрешающей способности 0,4 мм/имп?	А) 7 ДН
	Б) 20 Н
	В) 125 Н
	Г) 20 Н

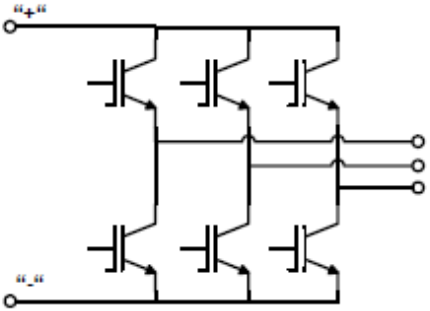
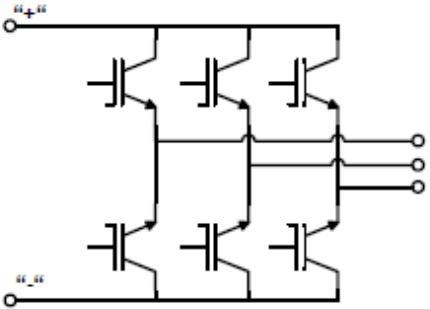
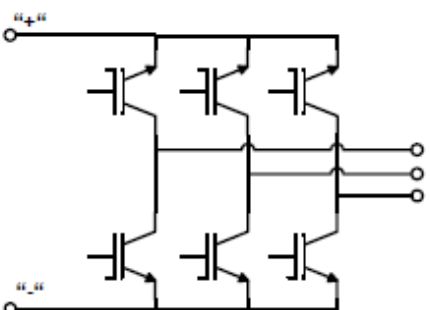
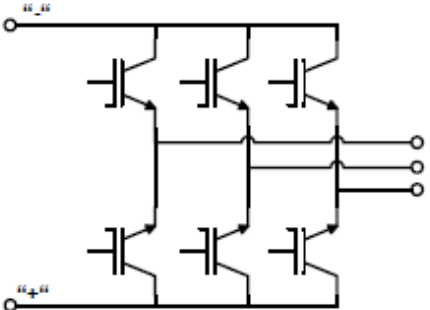
Вопрос №3

Вопрос	Ответ
Укажите верные механические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ) при работе от управляемого тиристорного преобразователя	А) 
	Б) 
	В) 
	Г) 

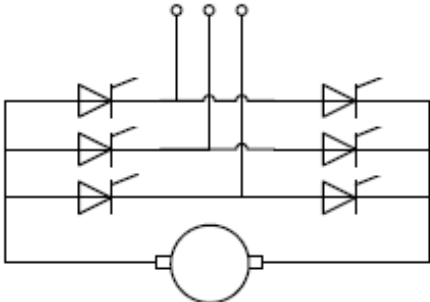
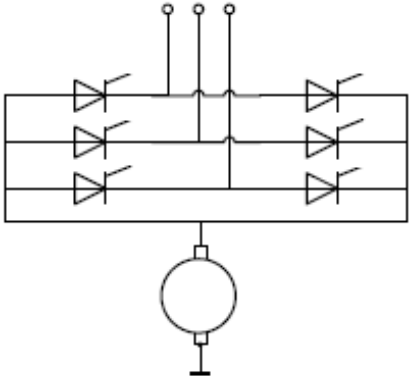
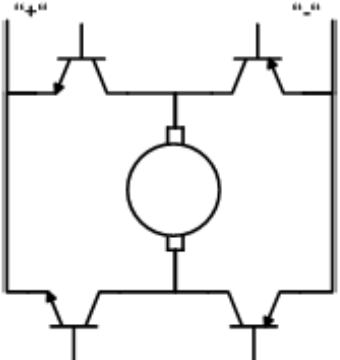
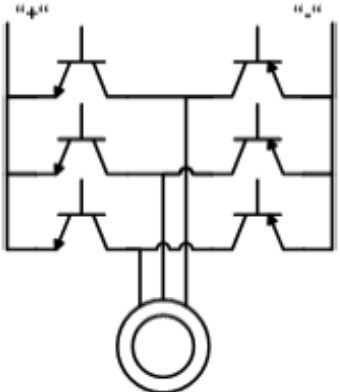
Вопрос №4

Вопрос	Ответ
Для чего используется инвертор в преобразователе частоты (ПЧ) со звеном постоянного тока?	А) Для преобразования постоянного тока в постоянный ток
	Б) Для преобразования постоянного тока в переменный ток
	В) Для преобразования переменного тока в переменный ток
	Г) Для преобразования переменного тока в постоянный ток

Вопрос №5

Вопрос	Ответ
Укажите схему трехфазного инвертора постоянного напряжения	А) 
	Б) 
	В) 
	Г) 

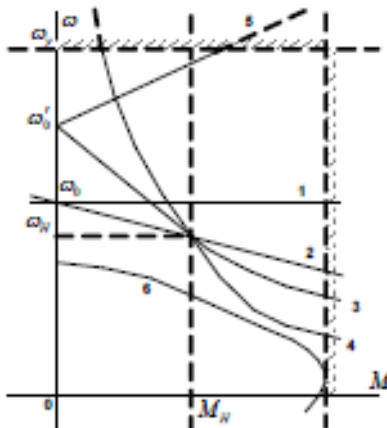
Вопрос №6

Вопрос	Ответ
Укажите схему включения реверсивного управляемого выпрямителя	А) 
	Б) 
	В) 
	Г) 

Вопрос №7

Вопрос	Ответ
У какого из перечисленных электродвигателей направления перемещения поля в воздушном зазоре и вращения ротора противоположны?	А) Асинхронный двигатель
	Б) Шаговый двигатель
	В) Вентильно-индукторный двигатель
	Г) У всех перечисленных

Вопрос №8

Вопрос	Ответ
На графике представлены механические характеристики электрических машин. Укажите правильное соответствие между типами двигателей и характеристиками: 1) асинхронный двигатель; 2) двигатель постоянного тока смешанного возбуждения (последовательная и независимая обмотки включены согласно); 3) двигатель постоянного тока смешанного возбуждения (последовательная и независимая обмотки включены встречно); 4) двигатель постоянного тока последовательного возбуждения; 5) синхронный двигатель; 6) двигатель постоянного тока независимого возбуждения 	А) 1) 6 2) 3 3) 5 4) 4 5) 1 6) 2
	Б) 1) 6 2) 5 3) 3 4) 4 5) 1 6) 2
	В) 1) 2 2) 4 3) 5 4) 3 5) 1 6) 2
	Г) 1) 6 2) 5 3) 4 4) 3 5) 2 6) 1

Вопрос №9

Вопрос	Ответ
Кодовый датчик, имеющий 8 разрядов перемещается из стартовой позиции 0АН в стоповую позицию ААН. Каково пройденное линейное перемещение, если база оптической линейки 100 мм?	А) 110 мм
	Б) 62,5 мм
	В) 75 мм
	Г) 72,5 мм

Вопрос №10

Вопрос	Ответ
Введение интегральной составляющей в передаточную функцию регулятора необходимо для:	А) Увеличения коэффициента передачи
	Б) Повышения порядка астатизма системы
	В) Уменьшения перерегулирования в динамических режимах
	Г) Нет правильного ответа

Задача №1. По заданному уравнению объекта в виде квадратичной формы разработать алгоритм поиска экстремума с использованием регулярных методов поиска:

- 1) Гаусса-Зейделя
- 2) Градиента
- 3) Наискорейшего спуска

Задача №2. Разработать функциональную и структурную схемы экстремальной системы с поиском по приращению. Определить алгоритм работы регулятора. Составить программу решения дифференциального уравнения замкнутой системы и определить показатели качества системы: быстродействие, период, потери, амплитуду изменения координаты объекта.

Объект описывается уравнением: $y = -kx$

Задача №3. Исследовать экстремальную систему с объектом третьего порядка методом гармонической линеаризации. Динамические параметры даны в таблице согласно варианту. Использовать аналитический и графо-аналитический расчеты.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Понятие об робастном и адаптивном управлении
2. Общая характеристика математических моделей объектов и систем оптимизации
3. Методы синтеза робастных и адаптивных систем
4. Методы синтеза робастных и адаптивных систем
5. Построение адаптивных и робастных систем
6. Построение адаптивных и робастных систем

7. Экстремальная система с объектом высокого порядка.
8. Фазовый метод исследования экстремальных систем.
9. Приближенный метод исследования экстремальных систем.
10. Метод логарифмических характеристик для анализа и синтеза систем.
11. Аналитические беспойсковые самонастраивающиеся системы.
12. Самонастраивающаяся система с обработкой внешних воздействий.
13. Самонастраивающаяся система с алгоритмом обработки динамических свойств объектов управления.
14. Самонастраивающаяся система с использованием автоколебательного режима.
15. Самонастраивающаяся система с переменной структурой и использованием скользящего режима.
16. Обучающие системы. Алгоритм обучения. Распознавание и классификация
17. Роботы и сенсорные устройства. Области применения.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 5 баллов.
2. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 1 до 2 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Понятие об робастном и адаптивном управлении	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Общая характеристика математических моделей объектов и систем оптимизации	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

3	Методы синтеза робастных и адаптивных систем	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Методы синтеза робастных и адаптивных систем	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Построение адаптивных и робастных систем	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Построение адаптивных и робастных систем	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Рубан, А. И. Адаптивные системы управления с идентификацией : монография / А. И. Рубан. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. — 140 с. — ISBN 978-5-7638-3194-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84314.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Системы интеллектуального электропривода переменного тока с релейными регуляторами и адаптивными корректирующими устройствами : монография / О. В. Корюков, В. Н. Мещеряков, М. Н. Сычев [и др.] ; под редакцией О. В. Крюкова, В. Н. Мещерякова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 140 с. — ISBN 978-5-9729-0788-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123845.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Волков, М. А. Управление техническими и технологическими системами : учебное пособие / М. А. Волков, А. Ю. Постыляков, Д. В. Исаков ; под редакцией С. И. Паршакова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 252 с. — ISBN 978-5-9729-0787-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123902.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Литвиненко, А.М. Робастные и адаптивные системы управления : Учеб. пособие / А. М. Литвиненко. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. - 131 с.
5. Литвиненко, А.М. Адаптивные системы управления : учеб. пособие / А. М. Литвиненко, А. А. Семенин. - Воронеж : ВГТУ, 2006. - 136 с.
6. Литвиненко, А.М. Адаптивные системы автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. М. Литвиненко, А. В. Машаров. - Электрон.дан. (1 файл). - Воронеж : ВГТУ, 2004.
7. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: Учеб. пособие / Под ред. Н. Д. Егупова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 744 с. : ил. - ISBN 5-7038-1635-1

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

Лицензионное программное обеспечение

1. Windows Professional 8.1 Single Upgrade MVL A Each Academic;
2. «MATLAB Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License);
3. Simulink Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License);
4. MathWorks SMS - Software Maintenance Service (per year)

Свободно распространяемое и бесплатное программное обеспечение

1. Adobe Acrobat Reader
2. FreeMat
3. OpenOffice
4. STDU Viewer
5. Google Chrome
6. Paint.NET

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Образовательный портал ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru/>
2. Электронная библиотека ВГТУ: <https://bibl.cchgeu.ru/catalog/>
3. Электронно-библиотечная система IPR SMART: <https://www.iprbookshop.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
5. Научная электронная библиотека: www.elibrary.ru
6. Информационно -справочная система ВГТУ: <https://wiki.cchgeu.ru/>
7. Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/>
8. ГОСТ Эксперт – единая база ГОСТов РФ <https://gostexpert.ru/>
9. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <https://docs.cntd.ru/>
10. НЭБ – Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>
11. КиберЛенинка <https://cyberleninka.ru/>

12. Сайт Marketelectro Рынок электротехники- отраслевой портал: Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления <https://marketelectro.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация дисциплины требует наличия учебной аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Оборудование аудитории: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран.

Переносное техническое оборудование:

- переносной компьютер.

Для проведения лабораторных работ используется учебная аудитория.

Оборудование аудитории:

комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- персональные компьютеры в сборе;
- лабораторные стенды.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Робастные и адаптивные системы управления электроприводами» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета робастных и адаптивных систем управления. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответствен- ной за реализацию ОПОП
1	Актуализированы разделы 8.1, 8.2 пункта 8, а именно «Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины», «Лицензионное программное обеспечение», «Свободно-распространяемое и бесплатное программное обеспечение», «Современные профессиональные базы данных». Актуализирован пункт 9 «Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса»	31.08.2025	