



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ИЦТЭ

Наименование института

Э.И.Беляев

«30»

»

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.03 Системы управления электроприводов

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

(Код и наименование направления подготовки)

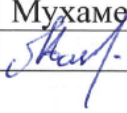
Квалификация

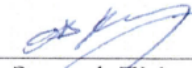
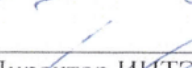
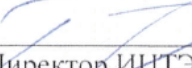
Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ПМ	К.т.н., доцент	Мухаметгалеев Т.Х.
		

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра ПМ	16.05.2023 г.	5	 Зав.каф.ПМ, д.т.н., доцент Козелков О.В.
Согласована	Кафедра ПМ	16.05.2023 г.	5	 Зав.каф.ПМ, д.т.н., доцент Козелков О.В.
Согласована	Учебно- методический совет института	30.05.2023 г.	7	 Директор ИЦТЭ, к.т.н., доцент Беляев Э.И.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.2023 г.	9	 Директор ИЦТЭ, к.т.н., доцент Беляев Э.И.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины «Системы управления электроприводов» является формирование у обучающихся необходимых компетенций, связанных с контролем, управлением и автоматизацией технологических процессов, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины являются формирование понимания общих закономерностей электромеханического преобразование энергии, основ теории; принципов построения и функционирования, методов анализа и синтеза систем управления электроприводов.

1. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2 Способен понимать и оформлять элементы технической документации механических, электрических и электронных узлов мехатронных систем	ПК-2.2 Понимает и оформляет электрические схемы электрических и электронных узлов мехатронных систем
ПК-3 Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем	ПК-3.3 Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем
ПК-4 Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем	ПК-4.2 Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: «Автоматизированный электропривод», «Исполнительные приводы мехатронных систем», «Электротехника и электроника», «Цифровая техника и электроника».

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: «Инжиниринг мехатронных систем», выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)			
			7			
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216	216			
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	3,31	119	119			
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,11	76	76			
Лекции	0,83	30	30			
Практические (семинарские) занятия	0,83	30	30			
Лабораторные работы	0,44	16	16			
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,89	104	104			
Проработка учебного материала	0,72	26	26			
Курсовой проект	1	36	36			
Курсовая работа	0	0	0			
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9	9			
Промежуточная аттестация:			Э			
			КП			

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Общая характеристика систем управления электроприводов. Релейно-контакторные системы управления двигателями	20	4		6	10	ТК1.	ПК-2.2У, ПК-3.3В, ПК-4.2З
Раздел 2. Дискретные логические системы управления движением электроприводов	20	4		6	10	ТК2.	ПК-2.2В, ПК-3.3З ПК-4.2В
Раздел 3. Логические системы управления на основе фаззи-логики.	14	4		0	10	ТК3.	ПК-2.2З, ПК-3.3У, ПК-4.2У
Раздел 4.	56	8	8	8	32	ТК4.	ПК-2.2З, ПК-3.3З, ПК-4.2З

Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока							ПК-2.2У, ПК-3.3У, ПК-4.2У ПК-2.2В, ПК-3.3В, ПК-4.2В
Раздел 5. Системы управления скоростью электроприводов переменного тока	52	6	8	6	32	ТК5.	ПК-2.23, ПК-3.33, ПК-4.23 ПК-2.2У, ПК-3.3У, ПК-4.2У ПК-2.2В, ПК-3.3В, ПК-4.2В
Раздел 6. Системы управления положением электроприводов	18	4		4	10	ТК6.	ПК-2.23, ПК-3.3У, ПК-4.2У
Курсовой проект	36					Защита КП	ПК-2.23, ПК-3.33, ПК-4.23 ПК-2.2У, ПК-3.3У, ПК-4.2У ПК-2.2В, ПК-3.3В, ПК-4.2В
Экзамен	36					ОМ	ПК-2.23, ПК-3.33, ПК-4.23 ПК-2.2У, ПК-3.3У, ПК-4.2У ПК-2.2В, ПК-3.3В, ПК-4.2В
ИТОГО	216	30	16	30	104	36	

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Общая характеристика систем управления электроприводов. Понятие о системах управления электроприводов . Классификация систем управления электроприводов. Релейно-контакторные системы управления двигателями. Понятие о релейно-контакторных системах управления и их функциональном составе. Электрические схемы и способы анализа РКСУ. Принципы управления и типовые узлы в РКСУ. Примеры выполнения

Раздел 2. Дискретные логические системы управления движением электроприводов. Общая характеристика и метод синтеза ДЛСУ. Математическое описание ДЛСУ. Синтез ДЛСУ методом циклограмм. Примеры синтеза узлов ДЛСУ. Построение ДЛСУ на основе цифровых узлов. Логические системы управления на основе программируемой логической матрицы. Логические системы управления на основе аппаратного контроллера. Логические системы управления на основе программируемого логического контроллера

Раздел 3. Логические системы управления на основе фаззи-логики. Общие положения и принципы фаззи-логики. Структура и алгоритм фаззи-управления. Примеры фаззи-управления в электроприводах

Раздел 4. Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Системы модального управления . Общая характеристика модального управления. Синтез модального регулятора электропривода. Наблюдающие устройства в системах управления . Пример построения системы модального

управления с наблюдателями для электропривода постоянного тока. Узлы токоограничения в системах управления скоростью электропривода. Системы управления с подчиненным регулированием координат. Принципы оптимизации в системе подчиненного регулирования. Синтез регуляторов тока и скорости в электроприводе постоянного тока. Система двухзонного регулирования скорости электропривода. Адаптивное управление в электроприводах.

Раздел 5. Системы управления скоростью электроприводов переменного тока. Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя. Вентильный двигатель. Система управления электропривода с вентильным двигателем. Система управления электропривода с двухфазным вентильным двигателем. Системы управления скоростью асинхронного электропривода. Асинхронный электропривод с регулированием напряжения на статоре. Системы скалярного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

Раздел 6. Системы управления положением электроприводов. Общая характеристика позиционных и следящих электроприводов и их систем управления. Точностные показатели следящих электроприводов. Примеры непрерывных систем управления следящего электропривода постоянного тока.

3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Изучение структуры и принципов построения схем управления электроприводами. Изучение релейно-контакторных схем управления электродвигателями	6
2	Динамические звенья и их характеристики. Критерии устойчивости систем автоматического управления и оценка качества управления	6
4	Настройка контура тока ДПТ НВ на оптимум по модулю без компенсации и с компенсацией электромагнитной постоянной времени якоря. Настройка контура скорости ДПТ НВ на оптимум по модулю. Настройка контура скорости ДПТ НВ на симметричный оптимум	8
5	Использование компенсационной положительной обратной связи по скорости в СУЭП асинхронного двигателя. Настройка контура скорости АД на оптимум по модулю. Настройка контура скорости АД на симметричный оптимум	6
6	Настройка контура положения ДПТ НВ на оптимум по модулю. Настройка контура положения ДПТ НВ на симметричный оптимум.	4
	Итого	30

3.5. Тематический план лабораторных работ

Номер раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость, час.
4	ЛР 01. Исследование системы «Импульсный регулятор напряжения – двигатель постоянного тока (ИРН-ДПТ)»	4
	ЛР 02. Исследование машинно-импульсных систем «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТП-ДПТ)»	4
5	ЛР 03. Исследование технических характеристик и режимов работы преобразователя частоты VLT-202.	4
	ЛР 04. Исследование системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель с КЗ ротором (ПЧ-АД)»	4
	Итого	16

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Задание на курсовой проект.

Синтезировать двухконтурную систему подчиненного регулирования ДПТ НВ (внутренний контур токовый, внешний – контур скорости). Произвести выбор элементов системы: тиристорного преобразователя, необходимых реакторов, датчиков тока и скорости, регуляторов тока и скорости. Построить переходные процессы в идеализированной системе и переходные процессы с учетом реального поведения элементов системы.

Система должна отвечать следующим требованиям:

1. Разгон от нулевой скорости до скорости $\omega = k_1\omega_0$ при моменте сопротивления $M_{с.нач.} = k_2 \cdot M_{ном}$ за время, не превышающее 1,3 секунду.
2. После окончания разгона момент сопротивления увеличивается на величину $M_c = k_3 \cdot M_{с.нач.}$. Изменение скорости при этом не должно превышать величину $\omega = k_4\omega_0$.
3. Далее происходит торможение привода при моменте сопротивления $M_c = M_{с.нач.} + M_c$. Время торможения не должно превышать 1 секунду.

Пояснительная записка.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы курсового проекта: задание на курсовой проект, исходные данные, введение, определение основных параметров двигателя, выбор тиристорного преобразователя, расчёт и выбор реакторов и датчиков тока и скорости, настройка контура тока, настройка контура скорости, моделирование схемы контура скорости с учётом действия противоЭДС, переходные процессы контура скорости с учётом реального поведения элементов, переходные процессы контура скорости при разгоне и работе на нагрузку, заключение, список используемой литературы.

Графическая часть

Графическая часть выполняется на одном или двух листах формата А1 и должна содержать упрощенную схему силовой части тиристорного преобразователя с внешними подключениями и результаты компьютерного моделирования

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.2 Понимает и оформляет электрические схемы электрических и электронных узлов мехатронных систем	знать:				
		стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Знает практически все стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Знает основные стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Знает основные стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем не совсем полно или допуская ошибки	Не знает основные стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем или допускает грубые ошибки
		уметь:				
		оформлять электрические схемы электрических и электронных узлов мехатронных систем	Демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических и	Демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических и	Демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических и	Не демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических

			электронных узлов мехатронных систем	электронных узлов мехатронных систем, допуская не большие неточности	электронных узлов мехатронных систем, не допуская грубые ошибки	электронных узлов мехатронных систем, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		пониманием принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Демонстрирует уверенное понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Демонстрирует понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем, допуская не большие неточности	Демонстрирует понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем, допуская не грубые ошибки	Не демонстрирует понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем, допускает грубые ошибки
	ПК-3.3. Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	знать:				
		функции и основные характеристики цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с небольшими	Воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с не грубыми	Не воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных

				неточностями	ошибками	систем или допускает грубые ошибки
		уметь:				
		производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с небольшими неточностями	Демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с негрубыми ошибками	Не демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем
		владеть:				
		навыками моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с небольшими неточностями	Демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с негрубыми ошибками	Не демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем
ПК-4	ПК-4.2 Использует стандартные программные пакеты при исследовании	знать:				
		математические модели мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением	основные математические модели мехатронных и робототех	большинство основных математических моделей мехатрон	несколько основных математических моделей мехатронных и	не знает математических моделей мехатронных и робототе

	математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением		математических систем с цифровым управлением	математических систем с цифровым управлением	робототехнических систем с цифровым управлением	математических систем с цифровым управлением
		уметь:				
		исследовать математические модели мехатронных и робототехнических	Производить исследование математических моделей мехатронных и робототехнических	Производить исследование математических моделей мехатронных и робототехнических с небольшими неточностями	Производить исследование математических моделей мехатронных и робототехнических с негрубыми ошибками	Не может произвести исследование математических моделей мехатронных и робототехнических или проводить его с грубыми ошибками
		владеть:				
		навыком использовать стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением	Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением	Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением с небольшими неточностями	Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением с негрубыми ошибками	Не может использовать стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М.Терехов, О.И.Осипов; под ред. В.М.Терехова.- 2-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2006.-304 с.
2. Электроприводы переменного тока с частотным управлением: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г.Соколовский - М.: Издательский центр «Академия», 2006.-272 с.
3. Энергосберегающий асинхронный электропривод: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Я.Браславский, З.Ш.Ишматов, В.Н.Поляков; под ред. И.Я.Браславского.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.-256 с.
4. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.П.Белов, О.И.Зементов, А.Е.Козярук и др; под ред. В.А.Новикова, Л.М.Чернигова.- М.: Издательский центр «Академия», 2006.-368 с.
5. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию.- Ростов – на Дону: Феникс, 2007. – 255с.
2. Электротехнический справочник: В 4т. / Под общей ред. профессоров МЭИ Герасимова и др. – 8-е изд. - М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 696с.



5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	https://www.book.ru/
4	Энциклопедии, словари, справочники	http://www.rubricon.com
5	Портал "Открытое образование"	http://npoed.ru
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Официальный интернет-портал правовой информации	http://pravo.gov.ru	
2	Справочная правовая система «Консультант Плюс»	http://consultant.ru	
3	Справочно-правовая система по законодательству РФ	http://garant.ru	

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Браузер Firefox	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
2	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
3	OpenOffice	Пакет офисных приложений	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	Adobe Flash Player	Подключаемый модуль для браузера и среды выполнения веб - приложений	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
7	MATLAB	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений	Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License): договор №2013.39442, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.
8	Simulink	Среда моделирования и проектирования на основе моделей для динамических и встроенных систем, интегрированная с MATLAB	Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License): договор №2013.39442, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Компьютерный класс с выходом в Интернет А-323	Специализированная учебная мебель, интерактивная доска, проектор, компьютер в комплекте с монитором (16 шт.), лицензионное программное обеспечение
Лабораторные работы	Компьютерный класс с выходом в Интернет А-323	Специализированная учебная мебель, интерактивная доска, проектор, компьютер в комплекте с монитором (16 шт.), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Учебная лаборатория А-315	1. Лабораторный стенд «Импульсный регулятор напряжения – двигатель постоянного тока (ИРН-ДПТ)» 2. Лабораторный стенд «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТП-ДПТ)» 3. Лабораторный стенд «Исследование технических характеристик и режимов работы преобразователя частоты VLT-202» 4. Лабораторный стенд «Исследование системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель с КЗ ротором (ПЧ-АД)»
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18

пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;
- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;
- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и

интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межнациональной и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

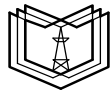
- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



КГУ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В.1ДЭ.01.01.03 Системы управления электроприводов

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1.Технологическая карта

Наименование раздела	Формы и вид контроля	текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. Общая характеристика систем управления электроприводов. Релейно-контакторные системы управления двигателями	ТК1	5-6	0-2	5-8	2-5
Тест или письменный опрос		2-3	0-1		
Отчет по самостоятельной работе		3-3	0-1		
Раздел 2. Дискретные логические системы управления движением электроприводов	ТК2	5-6	0-2	5-8	2-5
Тест или письменный опрос		2-3	0-1		
Отчет по самостоятельной работе		3-3	0-1		
Раздел 3. Логические системы управления на основе фаззи-логики.	ТК3	5-7	0-3	5-10	5-10
Тест или письменный опрос		2-3	0-1		
Отчет по самостоятельной работе		3-3	0-1		
Раздел 4. Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока	ТК4	5-7	0-3	5-10	5-10
Тест или письменный опрос		0-1	0-1		
Защита лабораторной работы		2-3	0-1		
Отчет по самостоятельной работе		3-3	0-1		
Раздел 5. Системы управления скоростью электроприводов переменного тока	ТК5	5-6	0-2	5-8	2-5
Тест или письменный опрос		2-3	0-1		
Отчет по самостоятельной работе		3-3	0-1		
Защита лабораторной работы		2-3	0-1		
Раздел 6. Системы управления положением электроприводов	ТК6	5-6	0-2	5-8	2-5
Тест или письменный опрос		2-3	0-1		
Отчет по самостоятельной работе		3-3	0-1		
Промежуточная аттестация (экзамен)	ОМ				20-45

В письменной форме по билетам					20-45
Промежуточная аттестация (КП)					0-100

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.2 Понимает и оформляет электрические схемы электрических и электронных узлов мехатронных систем	знать:				
		стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Знает практически все стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Знает основные стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Знает основные стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем не совсем полно или допуская ошибки	Не знает основные стандартные обозначения элементов электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем или допускает грубые ошибки
		уметь:				
		оформлять электрические схемы электрических и электронных узлов мехатронных систем	Демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических и	Демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических и	Демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических и	Не демонстрирует умение оформлять электрические схемы электрических

			электронных узлов мехатронных систем	электронных узлов мехатронных систем, допуская не большие неточности	электронных узлов мехатронных систем, не допуская грубые ошибки	электронных узлов мехатронных систем, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		пониманием принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Демонстрирует уверенное понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем	Демонстрирует понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем, допуская не большие неточности	Демонстрирует понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем, допуская не грубые ошибки	Не демонстрирует понимание принципа работы электрических схем электрических и электронных узлов мехатронных систем, допускает грубые ошибки
	ПК-3.3. Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	знать:				
		функции и основные характеристики цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с небольшими	Воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с не грубыми	Не воспроизводит перечень функций и основных характеристик цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных

				неточностями	ошибками	систем или допускает грубые ошибки
		уметь:				
		производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с небольшими неточностями	Демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с негрубыми ошибками	Не демонстрирует умение производить расчет цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем
		владеть:				
		навыками моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с небольшими неточностями	Демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем с негрубыми ошибками	Не демонстрирует навыки моделирования цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем
ПК-4	ПК-4.2 Использует стандартные программные пакеты при исследовании	знать:				
		математические модели мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением	основные математические модели мехатронных и робототех	большинство основных математических моделей мехатрон	несколько основных математических моделей мехатронных и	не знает математических моделей мехатронных и робототе

	математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением		математических систем с цифровым управлением	математических систем с цифровым управлением	робототехнических систем с цифровым управлением	математических систем с цифровым управлением
		уметь:				
		исследовать математические модели мехатронных и робототехнических	Производить исследование математических моделей мехатронных и робототехнических	Производить исследование математических моделей мехатронных и робототехнических с небольшими неточностями	Производить исследование математических моделей мехатронных и робототехнических с негрубыми ошибками	Не может произвести исследование математических моделей мехатронных и робототехнических или проводить его с грубыми ошибками
		владеть:				
		навыком использовать стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением	Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением	Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением с небольшими неточностями	Использует стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с негрубыми ошибками	Не может использовать стандартные программные пакеты при исследовании математических моделей мехатронных и робототехнических систем с цифровым управлением

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *тестовых заданий; оформление и представление отчетов по лабораторным работам; полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *тестовых заданий; оформление и представление отчетов по лабораторным работам; ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *оформление и представление отчетов по лабораторным работам; ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение *тестовых заданий; отсутствие отчетов по лабораторным работам, неверные ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание)*

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Опрос по темам	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.2

Вопросы для опроса

1. Понятие о системах управления электроприводов.
2. Классификация систем управления электроприводов.
3. Показатели качества управления электроприводов.

4. Понятие о релейно-контакторных системах управления и их функциональном составе.
5. Электрические схемы и способы анализа РКСУ.
6. Принципы управления и типовые узлы в РКСУ

Для текущего контроля ТК 2:

Проверяемая компетенция: ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.2

Вопросы для опроса

7. 1Общая характеристика и метод синтеза ДЛСУ
8. Математическое описание ДЛСУ.
9. Граф конечного автомата. Структурная схема конечного автомата.
10. Синтез ДЛСУ методом циклограмм
11. Логические системы управления на основе программируемой логической матрицы.
12. Логические системы управления на основе аппаратного контроллера.

Логические системы управления на основе программируемого логического контроллера

Для текущего контроля ТК3:

Проверяемая компетенция: ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.2

Вопросы для опроса

13. Общие положения и принципы фаззи-логики.
14. Структура и алгоритм фаззи-управления.
15. Фаззи-управление с прямым и дополнительным фаззи-регулятором.
16. Многоканальный фаззи-регулятор.
17. Использование фаззи-регулятора для ЭП подъемных механизмов.
18. Общая характеристика модального управления.
19. Синтез модального регулятора электропривода. Наблюдающие устройства в системах управления

Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.2

Вопросы для опроса

20. Синтез контура тока ДПТ НВ.
21. Влияние противо – ЭДС в ДПТ НВ при настройке контура тока.
22. Синтез контура скорости ДПТ НВ при настройке на ОМ.
23. Синтез контура скорости ДПТ НВ при настройке на СО.
24. Функциональная схема электропривода постоянного тока с двухзонным регулированием.
25. Структурная схема электропривода постоянного тока с двухзонным регулированием..

26. Линеаризованная структурная схема электропривода постоянного тока с двухзонным регулированием.

27. Узел воздействия потока на ЭДС двигателя

Отчет по лабораторной работе ЛР 01. Исследование системы «Импульсный регулятор напряжения – двигатель постоянного тока (ИРН-ДПТ)»

Отчет по лабораторной работе ЛР 02. Исследование машинно-импульсных систем «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТП-ДПТ)»

Для текущего контроля ТК5:

Проверяемая компетенция: ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.2

Вопросы для опроса по теме

1. Принципы управления и структура информационного канала электропривода
2. Структура информационного канала разомкнутого электропривода
3. Структура информационного канала замкнутого электропривода
4. Элементная база информационного канала
5. Синтез структур и параметров информационного канала

Отчет по лабораторной работе ЛР 03. Исследование технических характеристик и режимов работы преобразователя частоты VLT-202

Отчет по лабораторной работе ЛР 04. Исследование системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель с КЗ ротором (ПЧ-АД)»

Для текущего контроля ТК6:

Проверяемая компетенция: ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.2

Вопросы для опроса

1. Беспойсковые адаптивные системы управления с эталонной моделью.
2. Беспойсковые адаптивные системы управления с наблюдающим устройством.
3. Структурная схема адаптивной системы с наблюдающим устройством с фаззи-регулятором.
4. Структурная схема адаптивной системы с наблюдающим устройством
5. Структурная схема адаптивной системы с эталонной моделью

Для промежуточной аттестации:

Для обучающихся набравших в семестре не менее 55 баллов проводится экзамен в письменной форме по билетам.

Вопросы для промежуточной аттестации (ОМ)

1. Схема включения и угловая характеристика ВД.
2. Диаграмма работы коммутатора ВД. Оптический датчик положения ВД.
3. Распределитель импульсов ВД: схема и диаграмма сигналов.
4. Схема силовой цепи ВД.
5. Механические характеристики ВД.
6. Релейный регулятор тока ВД6 схема и алгоритм работы.
7. Структурная схема двухконтурного ЭП с ВД.
8. Система управления электропривода с двухфазным вентильным двигателем.
9. Функциональная схема асинхронного электропривода с регулируемым напряжением на статоре
10. Зависимости выходного напряжения ТНП от его углов управления и нагрузки, механические характеристики АД и зависимость угла нагрузки от скольжения АД. Регулировочные характеристики элементов системы управления электроприводов.
11. Электромеханические и механические характеристики АД при $I > I_{отс}$. Механические характеристики АД.
12. Структурная схема асинхронного электропривода с регулируемым напряжением на статоре.
13. Принцип скалярного управления, функциональная схема разомкнутой системы ПЧ-АД.
14. Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД со скалярным управлением.
15. Функциональная схема системы ПЧ-АД с обратной связью по току статора.
16. Функциональная схема системы ПЧ-АД с обратной связью по скорости.
17. Структурная схема системы ПЧ-АД с обратной связью по скорости.
18. Функциональные схемы систем ПЧ-АД при питании от источника тока на основе автономного инвертора и преобразователя частоты с непосредственной связью. Зависимость тока статора от абсолютного скольжения АД.
19. Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД с частотно-токовым управлением.
20. Структурная схема системы ПЧ-АД с частотно – токовым управлением.
21. Понятие векторного управления.
22. Структурная схема АД при управлении по вектору потокосцепления ротора.
23. Структурная схема АД при ориентации системы координат x, y по потокосцеплению ротора
24. Функциональная схема системы регулирования скорости АД с управлением по вектору потокосцепления его ротора
25. Структурная схема ПЧ-АД при ориентации координат x, y по потокосцеплению ротора
26. Функциональная схема системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.

27. Функциональная схема системы управления электроприводом без датчика скорости
28. Функциональная схема системы управления моментом АД.
29. Функциональная схема ПЭП и СЭП с программным управлением
30. Структурная схема СЭП
31. Точностные показатели следящих электроприводов.
32. Оптимальная по быстродействию тахограмма ПЭП
33. Структурная схема задающего устройства ПЭП
34. Структурная схема СЭП с типовой системой управления
35. Выражение добротности и ошибок СЭП для типовых регуляторов скорости и положения
36. Схема одноконтурного СЭП солнечной печи
37. Схема СЭП антенной установки
38. Схема двухдвигательного СЭП
39. Схема цифровой системы управления одной координатной электропривода
40. Расчётные модели ЦСУ с учетом дискретности по уровню
41. Схема цифрового контура электропривода с микроЭВМ
42. Непрерывный и квантованный по времени сигналы ЦСУ
43. Структурная схема импульсного звена совместного с непрерывным звеном
44. Развернутая и свернутая структурные схемы цифрового контура регулирования
45. Методика синтеза цифрового контура
46. Оптимизация цифрового контура тока электропривода с тиристорным преобразователем
47. Структурная схема цифрового контура тока
48. Оптимизация цифрового контура скорости
49. Структурная схема цифрового контура скорости
50. Оптимизация цифрового контура положения
51. Схема ЦСУ с импульсным датчиком скорости электропривода постоянного тока
52. Структурная схема электропривода, имеющего цифроаналоговую систему управления с импульсным датчиком положения
53. Схема программно – аппаратной одноканальной СИФУ

Курсовой проект

Задание на курсовой проект.

Синтезировать двухконтурную систему подчиненного регулирования ДПТ НВ (внутренний контур токовый, внешний – контур скорости). Произвести выбор элементов системы: тиристорного преобразователя, необходимых реакторов, датчиков тока и скорости, регуляторов тока и

скорости. Построить переходные процессы в идеализированной системе и переходные процессы с учетом реального поведения элементов системы.

Система должна отвечать следующим требованиям:

1. Разгон от нулевой скорости до скорости $\omega = k_1 \omega_0$ при моменте сопротивления $M_{с.нач.} = k_2 \cdot M_{ном}$ за время, не превышающее 1,3 секунду.
2. После окончания разгона момент сопротивления увеличивается на величину $M_c = k_3 \cdot M_{с.нач.}$. Изменение скорости при этом не должно превышать величину $\omega = k_4 \omega_0$.
3. Далее происходит торможение привода при моменте сопротивления $M_c = M_{с.нач.} + M_c$. Время торможения не должно превышать 1 секунду.

Пояснительная записка.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы курсового проекта: задание на курсовой проект, исходные данные, введение, определение основных параметров двигателя, выбор тиристорного преобразователя, расчёт и выбор реакторов и датчиков тока и скорости, настройка контура тока, настройка контура скорости, моделирование схемы контура скорости с учётом действия противоЭДС, переходные процессы контура скорости с учётом реального поведения элементов, переходные процессы контура скорости при разгоне и работе на нагрузку, заключение, список используемой литературы.

Графическая часть

Графическая часть выполняется на одном или двух листах формата А1 и должна содержать упрощенную схему силовой части тиристорного преобразователя с внешними подключениями и результаты компьютерного моделирования