МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета энергетики
и систем управления
_____ Бурковский А.В.
«31» августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Основы систем управления электроприводами»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2018

Автор программы _____ / В.А. Медведев /

Заведующий кафедрой
Электропривода, автоматики и управления в технических системах _____ / В.Л. Бурковский /

Руководитель ОПОП _____ В.М. Питолин /

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Обеспечение подготовки, позволяющей разрабатывать системы управления электроприводами постоянного и переменного тока на основе типовых узлов, синтезировать регуляторы, придающие электроприводам требуемые показатели качества, а также формирование практических навыков разработки проектных решений отдельных частей системы электропривода, всей системы электропривода и отдельных частей автоматизированной системы управления технологическими процессами, осуществления предпроектного обследования технологического процесса, для которого разрабатывается автоматизированная система управления, и оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

– изучение структуры электропривода с системами управления верхнего и нижнего уровней, а также задач, возлагаемых на уровни управления;

– освоение методов нечеткой логики и принципов разработки систем фаззи-управления электроприводами;

– ознакомление студентов с синтезом систем модального управления электроприводами методом стандартных уравнений;

– изучение принципов построения систем управления с подчиненным регулированием координат;

– освоение принципов построения, способов и технических средств реализации систем управления скоростью и положением электроприводов постоянного и переменного тока;

– освоение теоретических основ построения цифровых систем управления электроприводами, их расчетных моделей с учетом квантования и методики синтеза цифрового контура регулирования;

– изучение особенностей управления синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя, функционирования основных узлов системы управления и структуры двухконтурного электропривода с вентильным двигателем;

– освоение принципа векторного управления и методики синтеза системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода;

– приобретение навыков теоретического и экспериментального исследования систем управления скоростью и положением электроприводов, расчета режимов работы и параметров оборудования электромеханических комплексов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы систем управления электроприводами» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы систем управления электроприводами» направлен на формирование следующих компетенций.

ПК-3 - Способен разрабатывать проектные решения отдельных частей системы электропривода и всей системы электропривода.

ПК-4 - Способен разрабатывать проектные решения отдельных частей автоматизированной системы управления технологическими процессами.

ПК-5 - Способен осуществлять предпроектное обследование технологического процесса, для которого разрабатывается автоматизированная система управления.

ПК-6 - Способен осуществлять предпроектное обследование оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода.

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**
ПК-3	знать: правила проектирования системы электропривода, типовые проектные решения системы электропривода, систему автоматизированного проектирования;
	уметь: применять систему автоматизированного проектирования для разработки графических частей отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода;
	владеть: сбором информации по существующим техническим решениям системы электропривода, выбором оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода.
ПК-4	знать: состав автоматизированной системы управления технологическими процессами;
	уметь: разрабатывать проектные решения по системам управления электроприводами, являющимися частью автоматизированной системы управления технологическими процессами;
	владеть: навыками моделирования элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами.
ПК-5	знать: последовательность сбора материалов для проектирования автоматизированной системы управления;
	уметь: проводить анализ материалов для проектирования и формирование документации;
	владеть: навыками предпроектного обследования оборудования технологических процессов, для которых разрабатываются автоматизированные системы управления.
ПК-6	знать: методики определения характеристик оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, при различных режимах работы;

	уметь: определять в процессе предпроектного обследования параметры оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода;
	владеть: подготовкой материалов для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы систем управления электроприводами» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
Аудиторные занятия (всего)	162	90	72
В том числе:			
Лекции	60	36	24
Практические занятия (ПЗ)	42	18	24
Лабораторные работы (ЛР)	60	36	24
Самостоятельная работа	126	18	108
Курсовая работа	+		+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	 288 8	 108 3	 180 5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		9	10
Аудиторные занятия (всего)	40	20	20
В том числе:			
Лекции	16	8	8
Практические занятия (ПЗ)	8	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8

Самостоятельная работа	240	120	120
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	8	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	288 8	144 4	144 4

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
7 семестр							
1	Общая характеристика систем управления электроприводов	Понятие о системах управления электроприводов. Классификация систем управления электроприводов. Показатели качества управления электроприводов.	2	–	–	1	3
2	Логические системы управления электроприводами на основе фаззи-логики	Функции принадлежности и нечеткие множества. Алгоритмы поиска решения в совокупности нечетких множеств. Нечеткое управление.	4	4	4	3	15
3	Системы модального управления электроприводами	Общая характеристика модального управления. Электропривод с модальным управлением. Синтез модального регулятора методом стандартных уравнений.	4	2	4	3	13
4	Системы управления с подчиненным регулированием координат	Функциональная и структурная схемы электропривода с подчиненным регулированием тока и скорости. Синтез регуляторов скорости и тока.	4	4	8	3	19
5	Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока	Однократно и двукратно интегрирующая система управления скоростью электропривода постоянного тока с подчиненным контуром тока.	12	4	20	4	40
6	Системы управления скоростью электроприводов переменного тока	Разомкнутые системы управления асинхронного электропривода. Замкнутые системы частотного управления. Системы частотно-токового управления.	6	2	–	2	10
7	Системы управления положением электроприводов	Позиционные и следящие электроприводы. Структурная схема следящего электропривода с подчиненным регулированием положения, скорости и тока.	4	2	–	2	8
8 семестр							
8	Теоретические основы построения цифровых систем управления электроприводов	Математическое описание цифровых систем управления электроприводов с учетом их дискретности. Дискретные передаточные функции. Методика синтеза цифрового контура регулирования.	12	10	8	37	67
9	Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя	Вентильный двигатель на основе трехфазной синхронной машины с постоянным магнитом. Система управления электропривода с вентильным двигателем.	6	6	4	27	43

10	Система генератор – двигатель	Настройка контуров тока и ЭДС в системе тиристорный возбудитель – генератор – двигатель	2	2	4	17	25
11	Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода	Системы регулирования скорости асинхронного двигателя с управлением по вектору основного потокосцепления двигателя и потокосцепления ротора.	4	6	8	27	45
		Итого	**60**	**42**	**60**	**126**	**288**

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
9 семестр							
1	Общая характеристика систем управления электроприводов	Классификация систем управления электроприводов. Показатели качества управления электроприводов.	1	-	-	8	9
2	Логические системы управления электроприводами на основе фаззи-логики	Алгоритмы поиска решения в совокупности нечетких множеств. Нечеткое управление лектроприводами.	1	1	2	24	28
3	Системы модального управления электроприводами	Электропривод с модальным управлением. Синтез модального регулятора методом стандартных уравнений.	1	1	2	23	27
4	Системы управления с подчиненным регулированием координат	Электроприводы с подчиненным регулированием тока и скорости. Синтез регуляторов скорости и тока.	1	1	2	23	27
5	Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока	Однократно и двукратно интегрирующая система управления скоростью электропривода постоянного тока.	2	1	2	26	31
6	Системы управления скоростью электроприводов переменного тока	Разомкнутые и замкнутые системы частотного управления. Системы частотно-токового управления.	1	-	-	8	9
7	Системы управления положением электроприводов	Позиционные и следящие электроприводы. Следящий электропривод с подчиненным регулированием координат.	1	-	-	8	9
10 семестр							
8	Теоретические основы построения цифровых систем управления электроприводов	Математическое описание цифровых систем управления электроприводов с учетом их дискретности. Методика синтеза цифрового контура регулирования.	3	1	2	35	41
9	Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя	Система управления электропривода с вентильным двигателем на основе трехфазной синхронной машины с постоянным магнитом.	2	1	2	30	35
10	Система генератор – двигатель	Настройка контуров тока и ЭДС в системе тиристорный возбудитель – генератор – двигатель	1	1	2	25	29
11	Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода	Системы регулирования скорости асинхронного двигателя с управлением по вектору основного потокосцепления двигателя и потокосцепления ротора.	2	1	2	30	35
		Итого	**16**	**8**	**16**	**240**	**280**

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование системы нечеткого управления электроприводом постоянного тока.

2. Исследование системы модального управления электроприводом постоянного тока.

3. Исследование системы подчиненного регулирования координат электропривода.

4. Исследование системы двухзонного регулирования скорости электропривода.

5. Исследование исполнительной системы с обратной связью по скорости.

6. Исследование исполнительной системы с обратной связью по току.

7. Исследование исполнительной системы с обратной связью по скорости и задержанной обратной связью по току.

8. Исследование системы управления скоростью с подчиненным контуром тока и последовательным токоограничением.

9. Исследование цифровой системы в режимах стабилизации скорости по уровню противо-ЭДС и по импульсам от инкрементального энкодера.

10. Исследование цифровой системы в режимах стабилизации скорости с тахогенератором и ограничения момента.

11. Исследование электропривода с вентильным двигателем.

12. Исследование системы генератор – двигатель.

13. Исследование системы векторного управления асинхронным электроприводом.

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

В соответствии с учебным планом освоения дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения, в 10 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Разработка системы управления электроприводом постоянного тока»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

• энергетический расчет электропривода;

• разработка управляемого источника питания и силовой цепи электропривода;

• выбор элементов цепи обратной связи по току;

• выбор элементов цепи обратной связи по скорости;

• расчет настроек контура тока;

• расчет настроек контура скорости;

• выбор структуры и расчет параметров регуляторов тока и скорости;

• моделирование системы управления электроприводом постоянного тока в среде MATLAB;

• аппаратная реализация регуляторов тока и скорости электропривода постоянного тока.

Курсовая работа включат 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-3	знать: правила проектирования системы электропривода, типовые проектные решения системы электропривода, систему автоматизированного проектирования	Полнота знания правил проектирования системы электропривода, типовых проектных решений системы электропривода, системы автоматизированного проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: применять систему автоматизированного проектирования для разработки графических частей отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	Степень самостоятельности применения системы автоматизированного проектирования для разработки графических частей отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть: сбором информации по существующим техническим решениям системы электропривода, выбором оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	Высокая адаптивность навыков сбора информации по существующим техническим решениям системы электропривода, выбора оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать: состав автоматизированной системы управления технологическими процессами	Полнота знания состава автоматизированной системы управления технологическими процессами	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	уметь: разрабатывать проектные решения по системам управления электроприводами, являющимися частью автоматизированной системы управления технологическими процессами	Осознанность выполнения действий по разработке проектных решений системам управления электроприводами, являющихся частью автоматизированной системы управления технологическими процессами	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть: навыками моделирования элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами	Высокий уровень самостоятельности навыков моделирования элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	знать: последовательность сбора материалов для проектирования автоматизированной системы управления	Системность знания последовательности сбора материалов для проектирования автоматизированной системы управления	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: проводить анализ материалов для проектирования и формирование документации	Степень самостоятельности проведения анализа материалов для проектирования и формирования документации	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть: навыками предпроектного обследования оборудования технологических процессов, для которых разрабатываются автоматизированные системы управления	Высокая адаптивность навыков предпроектного обследования оборудования технологических процессов, для которых разрабатываются автоматизированные системы управления	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	знать: методики определения характеристик оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, при различных режимах работы	Полнота знания методики определения характеристик оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, при различных режимах работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: определять в процессе предпроектного обследования параметры оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	Осознанность выполнения действия по определению в процессе предпроектного обследования параметров оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть: подготовкой материалов для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	Высокий уровень самостоятельности при подготовке материалов для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	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 7, 8 семестре для очной формы обучения, 9, 10 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	знать: правила проектирования системы электропривода, типовые проектные решения системы электропривода, систему автоматизированного проектирования	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь: применять систему автоматизированного проектирования для разработки графических частей отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	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: сбором информации по существующим техническим решениям системы электропривода, выбором оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	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-4	знать: состав автоматизированной системы управления технологическими процессами	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	уметь: разрабатывать проектные решения по системам управления электроприводами, являющимися частью автоматизированной системы управления технологическими процессами	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: навыками моделирования элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами	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-5	знать: последовательность сбора материалов для проектирования автоматизированной системы управления	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь: проводить анализ материалов для проектирования и формирование документации	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: навыками предпроектного обследования оборудования технологических процессов, для которых разрабатываются автоматизированные системы управления	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-6	знать: методики определения характеристик оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, при различных режимах работы	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	уметь: определять в процессе предпроектного обследования параметры оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	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: подготовкой материалов для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	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

Задание 1

Отметьте правильный ответ.

В разомкнутой системе управления отсутствует:
1) обратная связь;
2) защита от перегрузки;
3) исполнительный механизм;
4) преобразователь энергии.

Задание 2

Отметьте правильный ответ.

Что происходит с коэффициентом усиления при положительной обратной связи:

1) увеличивается;
2) уменьшается;
3) остается без изменения;
4) становится равным нулю;
5) равен бесконечности.

Задание 3

Отметьте правильный ответ.

Что происходит с коэффициентом усиления при отрицательной обратной связи:

1) уменьшается;
2) увеличивается;
3) равен бесконечности;
4) становится равным нулю.

Задание 4

Отметьте правильный ответ.

Задачей управляющей вычислительной машины является:
1) управление и выдача управляющих воздействий;
2) изменение параметров;
3) защита технологического процесса;
4) регулирование одного параметра;
5) замыкание цепи воздействия.

Задание 5

Отметьте правильный ответ.

Согласованное управление – это:
1) одинаковое изменение одного параметра;
2) разное изменение параметров;
3) изменение только на одном объекте;
4) рассогласование параметров.

Задание 6

Отметьте правильный ответ.

Верхний уровень системы управления электроприводами:
1) вырабатывает технологическое задание на движение рабочих органов;
2) формирует управляющие воздействия на двигатели;
3) измеряет температуру двигателей;
4) измеряет скорость двигателей.

Задание 7

Отметьте правильный ответ.

Нижний уровень системы управления электроприводами:
1) формирует статические, динамические, точностные характеристики электропривода;
2) формирует задающие воздействия на электроприводы;
3) обеспечивает согласованную работу нескольких электроприводов;
4) обеспечивает интеллектуальное управление технологической установкой.

Задание 8

Отметьте правильный ответ.

Какие средства в составе АСУТП не относятся к программным:
1) контроллеры;
2) операционные системы реального времени;
3) средства разработки и исполнения технологических программ;
4) системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления.

Задание 9

Отметьте правильный ответ.

Какие действия не относятся к сбору материалов для проектирования АСУТП:
1) разработка проектных решений отдельных элементов АСУТП;
2) формирование требований;
3) изучение объекта проектирования;
4) разработка и выбор варианта концепции системы.

Задание 10

Отметьте правильный ответ.

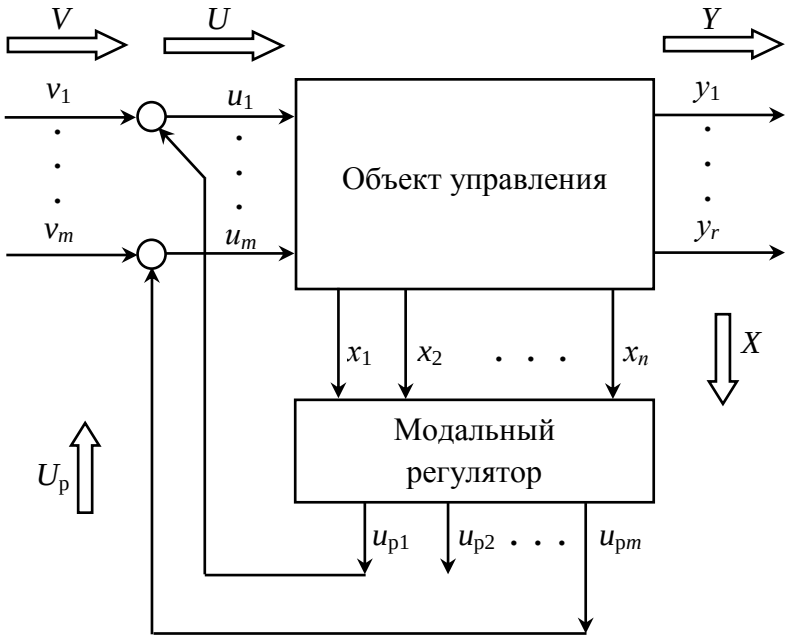
Какие действия не относятся к трудовым функциям при предпроектном обследовании оборудования:

1) разработка проектных решений отдельных элементов электропривода;
2) анализ частного технического задания на предпроектное обследование оборудования;
3) определение характеристик оборудования;
4) подготовка материалов для отчета по результатам обследования оборудования.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задание 1

Объект управления имеет входы u_1, u_2, ..., u_m, выходы y_1, y_2, ..., y_r и переменные состояния x_1, x_2, ..., x_n, число которых равно числу независимых дифференциальных уравнений, описывающих динамику ОУ.



Структура системы с модальным управлением

Вектор состояния объекта управления $X(t) = \{x_1, x_2, ..., x_n\}^T$. Вектор выходов модального регулятора $U_р(r) = \{u_{р1}, u_{р2},..,.u_{рm}\}^T$. Вектор задающих сигналов $V(t) = \{v_1, v_2,...v_m\}^T$, вектор управляющих сигналов $U(t) = \{u_1, u_2,...u_m\}^T$.

Объект управления описывается системой дифференциальных уравнений в форме Коши:

$$\dot{x}_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{in}x_n + b_{i1}u_1 + ... + b_{im}u_m, \qquad i = 1, ..., n,$$

$$y_j = c_{j1}x_1 + c_{j2}x_2 + \ldots + c_{jn}x_n, \quad j = 1, ..., r.$$

Уравнение модального регулятора и уравнение замыкания:

$$U_{рj} = k_{j1}x_1 + k_{j2}x_2 + \ldots + k_{jn}x_n, \quad U_j = V_j - U_{рj}, \quad j = 1, ..., m.$$

Необходимо получить описание системы с модальным управлением в матричной форме.

Варианты ответов:

1) $\dot{X}(t) = AX(t) - BU(t), \quad Y(t) = CX(t), U_p(t) = KX(t), \quad U(t) = V(t) - U_p(t);$

2) $\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t), \quad Y(t) = CX(t), U_p(t) = KX(t), \quad U(t) = V(t) + U_p(t);$

3) $\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t), \quad Y(t) = CX(t), U_p(t) = KX(t), \quad U(t) = V(t) - U_p(t);$

4) $\dot{X}(t) = BX(t) + AU(t), \quad Y(t) = CX(t), U_p(t) = KX(t), \quad U(t) = V(t) - U_p(t).$

Задание 2

Исходное уравнение *n*-го порядка разомкнутого по вектору состояния электропривода имеет вид:

$$D(p) = D_0 p^n + D_1 p^{n-1} + ... + D_i p^{n-i} + D_{n-1} p + D_n = 0.$$

Для синтеза модального регулятора методом стандартных уравнений необходимо получить нормированную форму исходного уравнения.

Варианты ответов:

1) $c_n S^n + c_{n-1} S^{n-1} + ... + c_i S^{n-i} + ... + c_1 S + 1 = 0$;

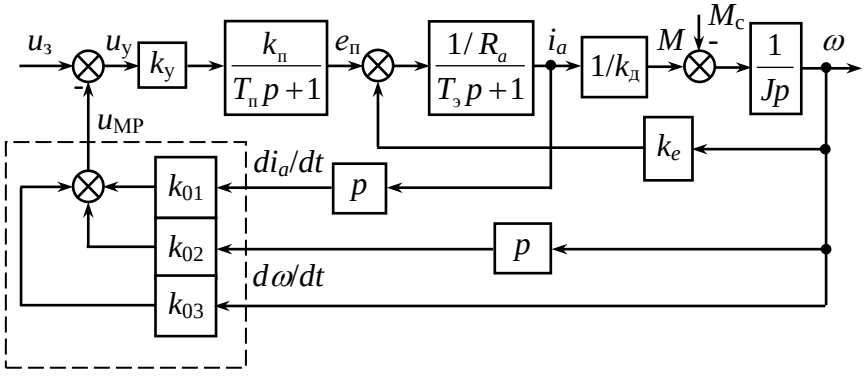
2) $S^n - c_1 S^{n-1} + ... - c_i S^{n-i} + ... + c_{n-1} S - 1 = 0$;

3) $S^n + c_1 S^{n-1} + ... + c_i S^{n-i} + ... + c_{n-1} S + 1 = 0$;

4) $S^n + c_1 S^{n-1} - ... + c_i S^{n-i} + ... - c_{n-1} S + 1 = 0$.

Задание 3

Электропривод постоянного тока имеет управляемый преобразователь с коэффициентом усиления $k_п$ и постоянной времени $T_п$, безынерционный усилитель с коэффициентом усиления $k_у$ и двигатель, представленный апериодическим, интегрирующим звеньями и отрицательной обратной связью с коэффициентом противоЭДС $k_e = 1/k_д$.



Структурная схема электропривода постоянного тока

Управляемый преобразователь, усилитель и двигатель описываются исходной системой уравнений

$$(T_п p + 1) e_п = k_п k_у u_y, \quad (T_э p + 1) i = \frac{1}{R_a}(e_п - \frac{1}{k_д}\omega), \quad J p \omega = M - M_с, \quad M = i / k_д.$$

Получить уравнение разомкнутого по вектору состояния электропривода относительно выходной координаты ω.

Варианты ответов:

1) $(T_м T_э T_п p^3 + T_м T_э p^2 + (T_м + T_п) p + 1)\omega = k_0 u_у - \frac{M_с}{\beta}(T_э T_п p^2 + (T_э + T_п) p + 1)$;

2) $(T_м T_э T_п p^3 + T_м (T_э + T_п) p^2 + (T_м + T_п) p + 1)\omega = k_0 u_у - \frac{M_с}{\beta}(T_э T_п p^2 + (T_э + T_п) p + 1)$;

3) $(T_м T_э T_п p^3 + T_м (T_э + T_п) p^2 + T_м p + 1)\omega = k_0 u_у - \frac{M_с}{\beta}(T_э T_п p^2 + (T_э + T_п) p + 1)$;

4) $(T_м T_э T_п p^3 + T_м (T_э + T_п) p^2 + (T_м + T_п) p + 1)\omega = k_0 u_у - \frac{M_с}{\beta}(T_э T_п p^2 + T_п p + 1)$.

Задание 4

Уравнение разомкнутого и замкнутого по вектору состояния электропривода с модальным регулятором имеют вид:

$$(d_0 p^3 + d_1 p^2 + d_2 p + d_3)\omega = k_0 u_у - \frac{M_с}{\beta}(b_0 p^2 + b_1 p + b_2),$$

$$(D_0 p^3 + D_1 p^2 + D_2 p + D_3)\omega = k_0 u_з - \frac{M_с}{\beta}(B_0 p^2 + B_1 p + B_2).$$

Параметры дифференциальных уравнений третьего порядка:

$d_0 = 8\cdot10^{-5}$ с^3, $d_1 = 0{,}006$ с^2, $d_2 = 0{,}12$ с, $d_3 = 1$, $b_0 = 8\cdot10^{-4}$ с^2, $b_1 = 0{,}06$ с, $b_2 = 1$.

$D_0 = 8\cdot10^{-5}$ с^3, $D_1 = d_1 + k_1 T_м$, $D_2 = d_2 + k_2$, $D_3 = 1 + k_3$, $B_0 = 8\cdot10^{-4}$ с^2, $B_1 = b_1 + k_1$, $B_2 = 1$.

Нормированное уравнения для замкнутого по вектору состояния электропривода имеет вид:

$$S^3 + c_1 S^2 + c_2 S + 1 = 0,$$

где $c_1 = c_2 = 3$ для $\sigma = 0$, $\tau_{п.п.} = 6{,}3$.

Необходимо обеспечить повышение жесткости механической характеристики в замкнутом по вектору состояния электроприводе в 10 раз. Определить соответствующие базовую частоту $\omega_б$, время переходного процесса $t_{п.п.}$ и коэффициенты усиления по контурам переменных состояния k_1, k_2, k_3.

Варианты ответов:

1) $\omega_б = 25$ с$^{-1}$, $t_{п.п.} = 0{,}126$ с, $k_1 = 0{,}6$ с, $k_2 = 0{,}48$ с, $k_3 = 5$;

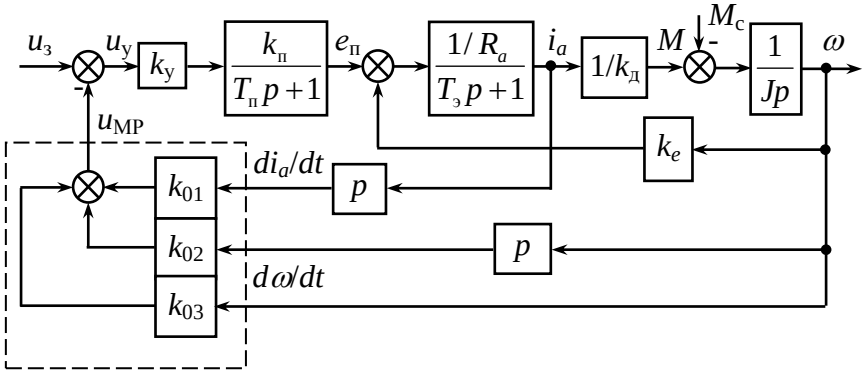
2) $\omega_б = 50$ с$^{-1}$, $t_{п.п.} = 1{,}26$ с, $k_1 = 0{,}6$ с, $k_2 = 0{,}048$ с, $k_3 = 4$;

3) $\omega_б = 50$ с$^{-1}$, $t_{п.п.} = 0{,}126$ с, $k_1 = 0{,}06$ с, $k_2 = 0{,}48$ с, $k_3 = 9$;

4) $\omega_б = 70$ с$^{-1}$, $t_{п.п.} = 1{,}16$ с, $k_1 = 0{,}6$ с, $k_2 = 0{,}68$ с, $k_3 = 8$;

Задание 5

Электропривод с модальным регулятором МР включает в свой состав инерционный управляемый преобразователь с коэффициентом усиления $k_п$ и постоянной времени $T_п$, безынерционный усилитель с коэффициентом усиления $k_у$ и двигатель, представленный апериодическим, интегрирующим звеньями и отрицательной обратной связью с коэффициентом противоЭДС $k_e = 1/k_д$.



Структурная схема электропривода постоянного тока
с модальным регулятором

Управляемый преобразователь, усилитель и двигатель описываются системой уравнений

$$(T_п p + 1)e_п = k_п k_у u_у, \quad (T_э p + 1)i = \frac{1}{R_a}(e_п - \frac{1}{k_д}\omega), \quad Jp\omega = M - M_с, \quad M = i / k_д.$$

Уравнение замыкания:

$$u_{\text{у}} = u_{\text{з}} - \sum_{i=1}^{3} k_{0i} x_i = u_{\text{з}} - (k_{01}\frac{di}{dt} + k_{02}\frac{d\omega}{dt} + k_{03}\omega)$$

Получить уравнение для замкнутого по вектору состояния электропривода относительно выходной координаты ω.

Варианты ответов:

1) $(T_{\text{м}}T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^3 - (T_{\text{м}}(T_{\text{э}}+T_{\text{п}})+k_1T_{\text{м}})p^2 + (T_{\text{м}}+T_{\text{п}}-k_2)p+1+k_3)\omega = k_0u - \frac{M_{\text{с}}}{\beta}(T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^2+(T_{\text{э}}+T_{\text{п}}+k_1)p+1)$;

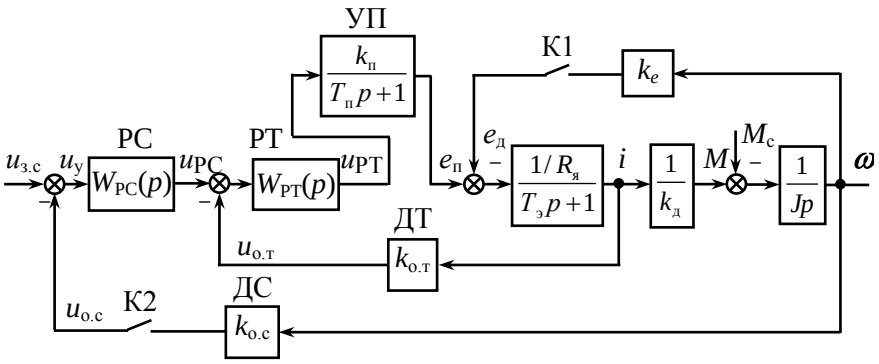
2) $(T_{\text{м}}T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^3 + (T_{\text{м}}(T_{\text{э}}+T_{\text{п}})-k_1T_{\text{м}})p^2 + (T_{\text{м}}+T_{\text{п}}+k_2)p+1-k_3)\omega = k_0u - \frac{M_{\text{с}}}{\beta}(T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^2+(T_{\text{э}}+T_{\text{п}}+k_1)p+1)$;

3) $(T_{\text{м}}T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^3 + (T_{\text{м}}(T_{\text{э}}+T_{\text{п}})+k_1T_{\text{м}})p^2 - (T_{\text{м}}+T_{\text{п}}+k_2)p+1+k_3)\omega = k_0u - \frac{M_{\text{с}}}{\beta}(T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^2+(T_{\text{э}}-T_{\text{п}}+k_1)p+1)$;

4) $(T_{\text{м}}T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^3 + (T_{\text{м}}(T_{\text{э}}+T_{\text{п}})+k_1T_{\text{м}})p^2 + (T_{\text{м}}+T_{\text{п}}+k_2)p+1+k_3)\omega = k_0u - \frac{M_{\text{с}}}{\beta}(T_{\text{э}}T_{\text{п}}p^2+(T_{\text{э}}+T_{\text{п}}+k_1)p+1)$.

Задание 6

Структурная схема электропривода с подчиненным регулированием тока и скорости представлена на рисунке.



Передаточная функция разомкнутого контура при настройке на модульный оптимум имеет вид:

$$W_{0\text{к.т}}(p) = W_{\text{опт}}(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1)}.$$

За T_{μ} для контура тока принять малую постоянная времени преобразователя $T_{\text{п}}$.

Необходимо получить выражения для передаточной функции разомкнутого контура тока и регулятора тока при настройке на модульный оптимум без учета обратной связи по ЭДС двигателя (ключ К1 разомкнут).

Варианты ответов:

1) $W_{0\text{к.т}}(p) = W_{\text{РТ}}(p)\frac{k_{\text{т}}}{T_{\text{п}}p(T_{\text{э}}p+1)}$, $W_{\text{РТ}}(p) = \frac{T_{\text{э}}p}{k_{\text{т}}2T_{\text{п}}p}$;

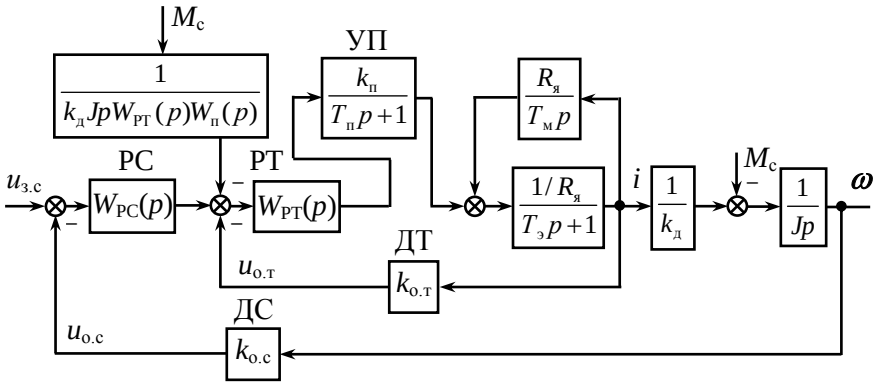
2) $W_{0\text{к.т}}(p) = W_{\text{РТ}}(p)\frac{k_{\text{т}}}{(T_{\text{п}}p+1)(T_{\text{э}}p+1)}$, $W_{\text{РТ}}(p) = \frac{T_{\text{э}}p+1}{k_{\text{т}}2T_{\text{п}}p}$;

3) $W_{0\text{к.т}}(p) = W_{\text{РТ}}(p)\frac{k_{\text{т}}}{(T_{\text{п}}p+1)T_{\text{э}}p}$, $W_{\text{РТ}}(p) = \frac{T_{\text{э}}p+1}{2T_{\text{п}}p}$;

4) $W_{0\text{к.т}}(p) = W_{\text{РТ}}(p)\frac{k_{\text{т}}}{(T_{\text{п}}p+1)}$, $W_{\text{РТ}}(p) = \frac{T_{\text{э}}p+1}{k_{\text{т}}2T_{\text{п}}p}$.

Задание 7

Каскадная схема электропривода с подчиненным регулированием тока и скорости представле- на на ри-сунке.



Передаточная функция разомкнутого контура при настройке на модульный оптимум:

$$W_{0к.т}(p) = W_{опт}(p) = \frac{1}{2T_μ p(T_μ p + 1)}.$$

За $T_μ$ для контура тока принять малую постоянная времени преобразователя $T_п$.

Необходимо получить выражения для передаточной функции разомкнутого контура тока и регулятора тока при настройке на модульный оптимум с учетом обратной связи по ЭДС двигателя.

Варианты ответов:

1) $W_{0к.т}(p) = W_{РТ}(p)\dfrac{k_т T_м p}{T_п p(T_м T_э p^2 + T_м p + 1)}$, $\quad W_{РТ}(p) = \dfrac{T_м p + 1}{2T_п k_т T_м p^2}$;

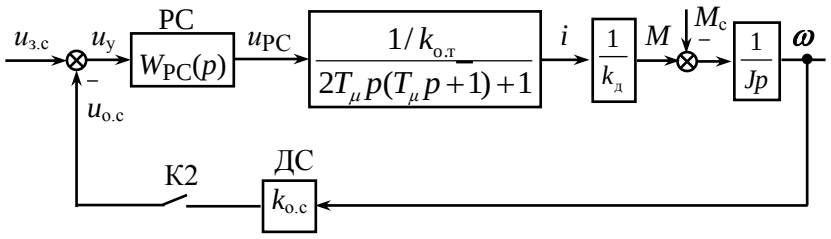
2) $W_{0к.т}(p) = W_{РТ}(p)\dfrac{k_т T_м p}{(T_п p + 1)(T_м p + 1)}$, $\quad W_{РТ}(p) = \dfrac{T_м T_э p^2 + T_м p}{2T_п k_т T_м p^2}$;

3) $W_{0к.т}(p) = W_{РТ}(p)\dfrac{k_т T_м p}{(T_п p + 1)(T_м T_э p^2 + T_м p + 1)}$, $\quad W_{РТ}(p) = \dfrac{T_м T_э p^2 + T_м p + 1}{2T_п k_т T_м p^2}$;

4) $W_{0к.т}(p) = W_{РТ}(p)\dfrac{k_т T_м p}{T_м T_э p^2 + T_м p + 1}$, $\quad W_{РТ}(p) = \dfrac{T_м T_э p^2 + T_м p + 1}{2T_п T_м p^2}$.

Задание 8

Структурная схема электропривода с контуром скорости и оптимизированным по модулю замкнутым контуром тока представлена на рисунке.



Передаточная функция оптимизированного по модулю контура тока имеет вид:

$$W_{опт}(p) = \frac{1/k_{о.т}}{D_т(p)},$$

где $D_т(p) = 2T_μ p\ (T_μ p + 1) + 1$ – характеристический полином оптимизированного замкну-

того контура тока.

Желаемая передаточная функция при настройке контура скорости на модульный оптимум имеет вид:

$$W_{0\text{жел}}(p) = \frac{1}{4T_{\mu} p D_{\text{т}}(p)},$$

где T_{μ} – малая некомпенсируемая постоянная времени.

Необходимо определить передаточную функцию разомкнутого, замкнутого контура скорости и регулятора скорости.

Варианты ответов:

1) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{РС}}(p)\dfrac{1}{D_{\text{т}}(p)}\dfrac{k_{\text{о.с}}}{k_{\text{д}} Jp}$, $W_{\text{з.с}}(p) = \dfrac{1/k_{\text{о.с}}}{4T_{\mu} p D_{\text{т}}(p)}$, $W_{\text{РС}}(p) = \dfrac{k_{\text{о.т}} k_{\text{д}} Jp}{4T_{\mu} k_{\text{о.с}}}$;

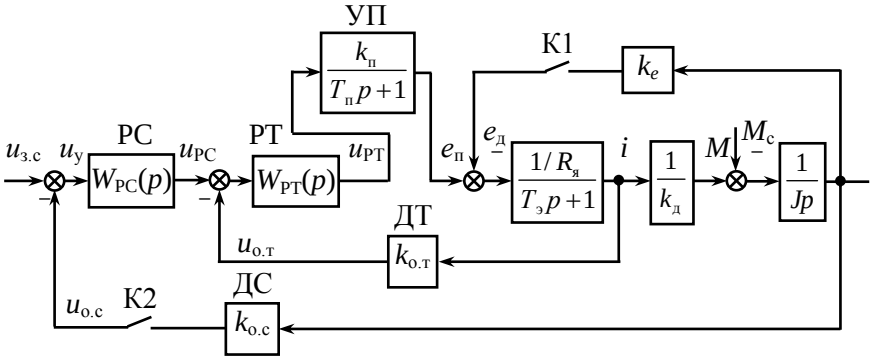
2) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{РС}}(p)\dfrac{1/k_{\text{о.т}}}{D_{\text{т}}(p)}\dfrac{k_{\text{о.с}}}{k_{\text{д}} Jp}$, $W_{\text{з.с}}(p) = \dfrac{1/k_{\text{о.с}}}{4T_{\mu} p D_{\text{т}}(p)+1}$, $W_{\text{РС}}(p) = \dfrac{k_{\text{о.т}} k_{\text{д}} J}{4T_{\mu} k_{\text{о.с}}}$;

3) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{РС}}(p)\dfrac{1/k_{\text{о.т}}}{D_{\text{т}}(p)}\dfrac{k_{\text{о.с}}}{k_{\text{д}} J}$, $W_{\text{з.с}}(p) = \dfrac{1}{4T_{\mu} p D_{\text{т}}(p)+1}$, $W_{\text{РС}}(p) = \dfrac{k_{\text{о.т}} k_{\text{д}} J}{4T_{\mu}}$;

4) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{РС}}(p)\dfrac{1/k_{\text{о.т}}}{D_{\text{т}}(p)}\dfrac{k_{\text{о.с}}}{Jp}$, $W_{\text{з.с}}(p) = \dfrac{1}{4T_{\mu} p D_{\text{т}}(p)+1}$, $W_{\text{РС}}(p) = \dfrac{k_{\text{д}} J}{4T_{\mu} k_{\text{о.с}}}$.

Задание 9

Структурная схема электропривода с подчиненным регулированием тока и скорости представлена на рисунке.



Передаточные функции регуляторов тока и скорости определяются из выражений:

$$W_{\text{РТ}}(p) = (T_{\text{к1}} p + 1)/T_{01} p, \quad W_{\text{РС}}(p) = (T_{\text{к2}} p + 1)/T_{02} p.$$

Исходные данные:

передаточный коэффициент и момент инерции двигателя $k_{\text{д}} = 0{,}83$ рад /(В·с), $J = 0{,}05$ кг·м^2;

сопротивление и электромагнитная постоянная времени якорной цепи $R_{\text{я}} = 1{,}8$ Ом, $T_{\text{э}} = 0{,}022$ с;

коэффициенты обратной связи по току и скорости: $k_{\text{о.т}} = 0{,}16$ Ом, $k_{\text{ос}} = 0{,}032$ В·с/рад.

коэффициент усиления и постоянная времени преобразователя $k_{\text{п}} = 25$, $T_{\text{п}} = 0{,}01$ с.

Необходимо определить параметры пропорционально-интегральных регуляторов тока и скорости без учета влияния ЭДС двигателя (ключ К1 разомкнут).

Варианты ответов:

1) $T_{\text{к1}} = 0{,}022$ с, $T_{01} = 0{,}044$ с, $T_{\text{к2}} = 0{,}08$ с, $T_{02} = 0{,}0154$ с;

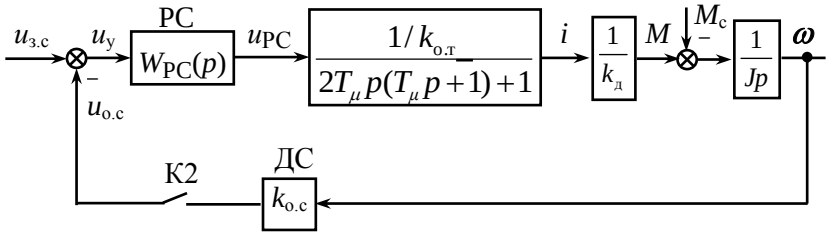
2) $T_{\text{к1}} = 0{,}22$ с, $T_{01} = 0{,}044$ с, $T_{\text{к2}} = 0{,}008$ с, $T_{02} = 0{,}054$ с;

3) $T_{\text{к1}} = 0{,}042$ с, $T_{01} = 0{,}084$ с, $T_{\text{к2}} = 0{,}06$ с, $T_{02} = 0{,}154$ с;

4) $T_{к1} = 0{,}068$ с, $T_{01} = 0{,}06$ с, $T_{к2} = 0{,}88$ с, $T_{02} = 0{,}014$ с.

Задание 10

Структурная схема электропривода с контуром скорости и оптимизированным по модулю замкнутым контуром тока представлена на рисунке.



Передаточная функция оптимизированного по модулю контура тока имеет вид:

$$W_{опт}(p) = \frac{1/k_{о.т}}{D_т(p)},$$

где $D_т(p) = 2T_\mu p\ (T_\mu p + 1) + 1$ – характеристический полином оптимизированного замкнутого контура тока.

Желаемая передаточная функция при настройке контура скорости на симметричный оптимум имеет вид:

$$W_{0жел}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8 \cdot 4 \cdot T_\mu^2 p^2 D_т(p)}.$$

Необходимо определить в соответствии со схемой передаточную функцию разомкнутого, замкнутого контура скорости и регулятора скорости.

Варианты ответов:

1) $W_{0к.с}(p) = W_{РС}(p)\frac{1}{D_т(p)}\frac{k_{о.с}}{k_д Jp}$, $W_{з.с}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p[4T_\mu p D_т(p)+1]+1}$. $W_{РС}(p) = \frac{8T_\mu p}{8T_\mu p} \cdot \frac{k_{о.т}k_д J}{4T_\mu k_{о.с}}$;

2) $W_{0к.с}(p) = W_{РС}(p)\frac{1/k_{о.т}}{D_т(p)}\frac{k_{о.с}}{k_д J}$, $W_{з.с}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p[4T_\mu p D_т(p)+1]}$. $W_{РС}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p} \cdot \frac{k_{о.т}k_д}{4T_\mu k_{о.с}}$;

3) $W_{0к.с}(p) = W_{РС}(p)\frac{1/k_{о.т}}{D_т(p)}\frac{k_{о.с}}{Jp}$, $W_{з.с}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p[4T_\mu p D_т(p)]+1}$. $W_{РС}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p} \cdot \frac{k_д J}{4T_\mu k_{о.с}}$;

4) $W_{0к.с}(p) = W_{РС}(p)\frac{1/k_{о.т}}{D_т(p)}\frac{k_{о.с}}{k_д Jp}$, $W_{з.с}(p) = \frac{(1/k_{о.с})(8T_\mu p + 1)}{8T_\mu p[4T_\mu p D_т(p)+1]+1}$. $W_{РС}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{8T_\mu p} \cdot \frac{k_{о.т}k_д J}{4T_\mu k_{о.с}}$.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

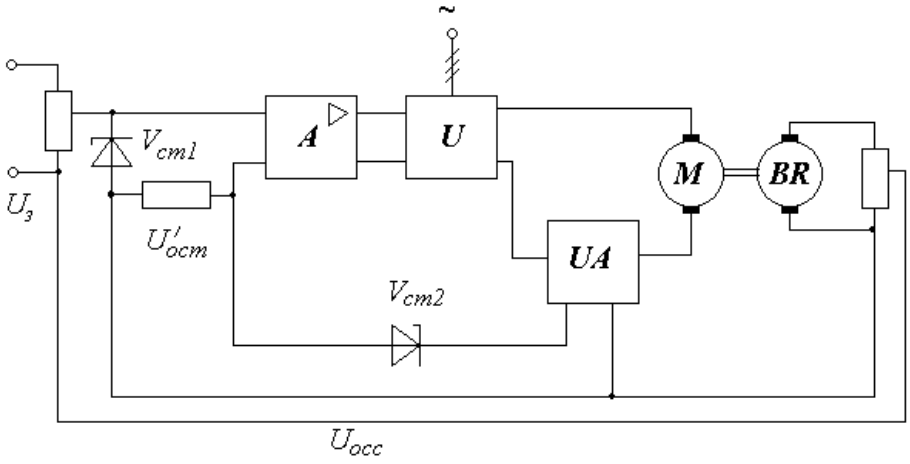
Задание № 1

Для замкнутой системы стабилизации скорости станка с ЧПУ с раздельными отсечками по скорости и току определить угловые скорости ω_1, ω_2 двигателя M при номинальном моменте для двух значений задающего воздействия $U_{з1} = 5$ В и $U_{з1} = 10$ В.

Исходные данные для расчёта.

Двигатель ПБСТ-22; $P_н = 0{,}4$ кВт; $n_н = 1000$ об/мин; $\eta_н = 70{,}5$ %; $U_н = 220$ В; $I_{ян} = 2{,}58$ А.

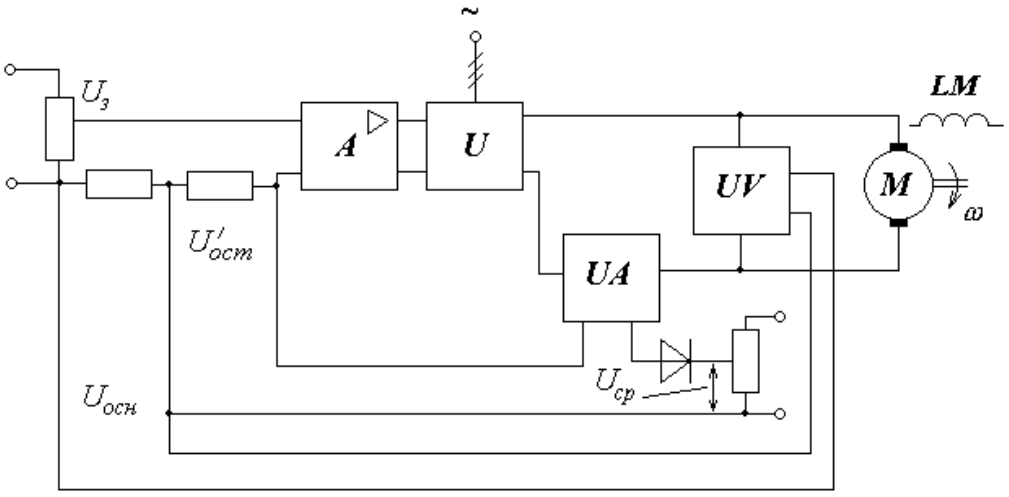
Коэффициенты передачи:
суммирующего усилителя и преобразователя $K_A = 10$, $K_П = 23$;
датчиков скорости и тока $K_С = 0{,}096$ В·с/рад, $K_Т = 2{,}08$ Ом;
напряжения пробоя стабилитронов: $U_{ст1} = 7$ В; $U_{ст2} = 8$ В.



Варианты ответов:
1) $\omega_1 = 196{,}3$ рад/с; $\omega_2 = 143{,}7$ рад/с;
2) $\omega_1 = 76{,}8$ рад/с; $\omega_2 = 35{,}9$ рад/с;
3) $\omega_1 = 96{,}3$ рад/с; $\omega_2 = 43{,}7$ рад/с;
4) $\omega_1 = 91{,}5$ рад/с; $\omega_2 = 39{,}8$ рад/с.

Задание № 2

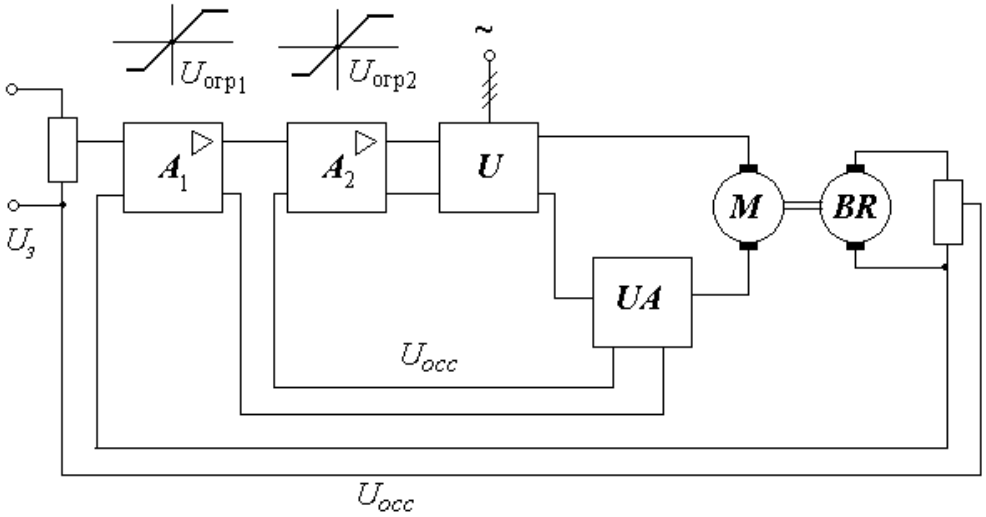
Для замкнутой системы электропривода крана в металлургическом цехе, функциональная схема которой приведена на рисунке, получить значения сигналов обратной связи по напряжению и по току при номинальном моменте для двух значений управляющего сигнала $U_{з1}$, $U_{з2}$.



Исходные данные для расчёта (связь по току отрицательная):
Двигатель ДП-42; $P_н = 23$ кВт; $n_н = 600$ об/мин; $\eta_н = 83{,}6$ %; $U_н = 220$ В; $I_{ян} = 125$ А.
Коэффициенты передачи:
суммирующего усилителя $K_A = 10$;
преобразователя $K_П = 23$;
датчика напряжения $K_Н = 0{,}043$;
датчика тока $K_Т = 0{,}07$ Ом;
напряжение сравнения $U_{ср} = 8$ В;
$U_{з1} = 8$ В; $U_{з2} = 10$ В.
Варианты ответов:
1) $U_{осн1} = 5{,}72$ В, $U'_{ост1} = 3{,}91$ В, $U_{осн1} = 7{,}53$ В, $U'_{ост1} = 2{,}24$ В;
2) $U_{осн1} = 3{,}79$ В, $U'_{ост1} = 2{,}81$ В, $U_{осн1} = 4{,}73$ В, $U'_{ост1} = 3{,}52$ В;
3) $U_{осн1} = 2{,}69$ В, $U'_{ост1} = 1{,}91$ В, $U_{осн1} = 3{,}76$ В, $U'_{ост1} = 3{,}22$ В;
4) $U_{осн1} = 6{,}73$ В, $U'_{ост1} = 5{,}85$ В, $U_{осн1} = 7{,}53$ В, $U'_{ост1} = 3{,}62$ В.

Задание № 3

Для системы стабилизации скорости станка с ЧПУ с отрицательной обратной связью по скорости и положительной по току определить выходные сигналы усилителей A_1, A_2 при номинальном моменте для двух значений задающего сигнала.



Исходные данные для расчёта.
Двигатель ПБСТ-22; $P_н$= 0,4 кВт; $n_н$= 1000 об/мин; $\eta_н$= 70,5%; $U_н$= 220 В; $I_{ян}$ = 2,58 А.
Коэффициенты передачи:
суммирующих усилителей K_{A1} = 5; K_{A2} = 0,8; $U_{огр1}$= 10 В; $U_{огр2}$ = 8 В;
преобразователя $K_П$ = 23;
датчика тока $K_Т$ = 2,08 Ом;
датчика скорости $K_С$ = 0,096 В·с/рад;
$U_{з1}$ = 10 В; $U_{з2}$ = 3 В.

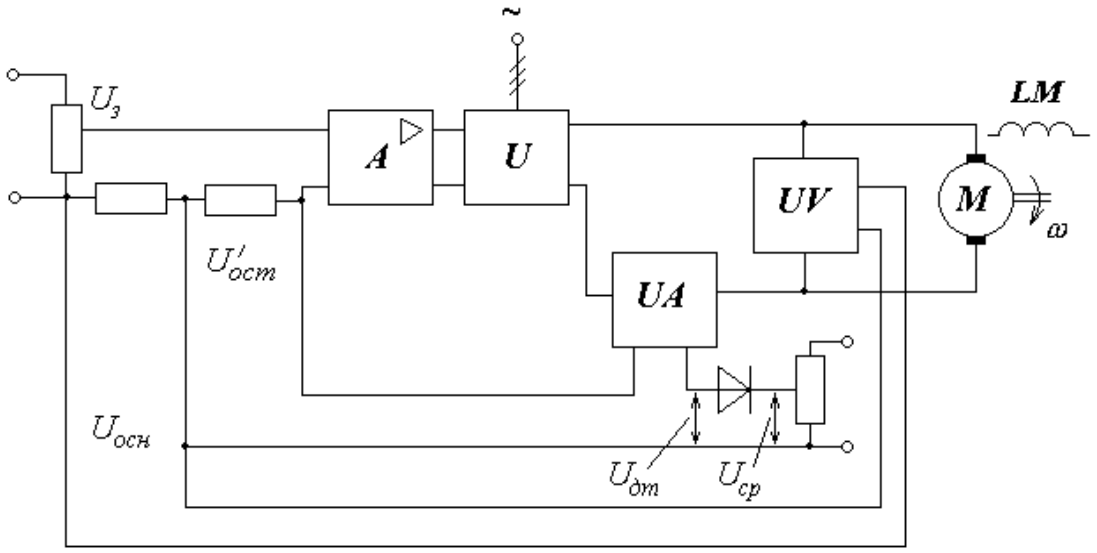
Варианты ответов:
1) U_{A11} = 8,5 В, U_{A12} =2,82 В, U_{A21} = 4,36 В, U_{A22} = 1,63 В;
2) U_{A11} = 9,6 В, U_{A12} = 3,12 В, U_{A21} = 6,32 В, U_{A22} = 2,12 В;
3) U_{A11} = 10 В, U_{A12} = 3,02 В, U_{A21} = 5,37 В, U_{A22} = 1,61 В;
4) U_{A11} = 6,2 В, U_{A12} = 2,02 В, U_{A21} = 4,07 В, U_{A22} = 1,75 В.

Задание № 4

Для системы стабилизации скорости электропривода экскаватора с отрицательной обратной связью по напряжению и задержанной обратной связью по току определить в режиме стопорения напряжение сравнения в цепи обратной связи по току и значение коэффициента обратной связи по току.

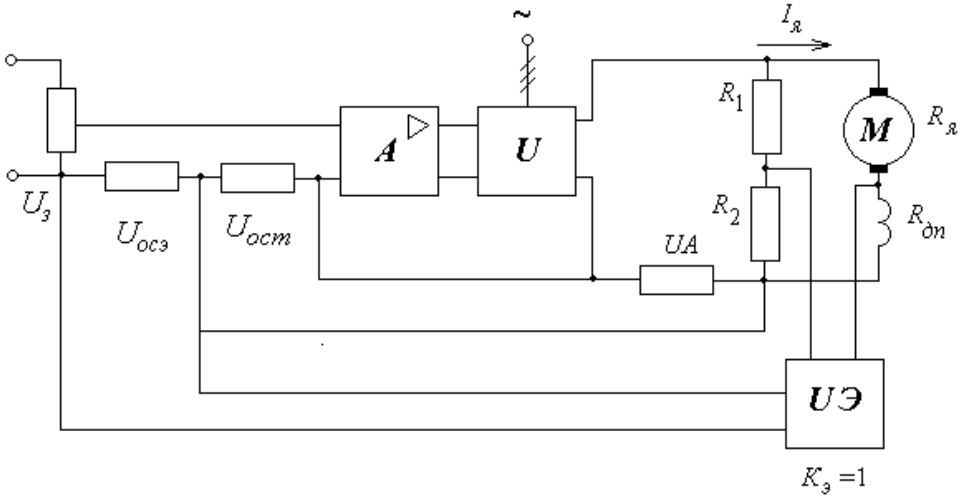
Исходные данные для расчёта.
Двигатель ДП-42; $P_н$ = 23 кВт; $n_н$ = 600 об/мин; $\eta_н$ = 83,6 %; $U_н$ = 220 В; $I_{ян}$ = 125 А.
Коэффициенты передачи:
суммирующего усилителя K_A = 10;
преобразователя $K_П$ = 23;
датчика напряжения $K_Н$ = 0,043;
напряжение задания $U_з$ = 10 В;
ток стопорения $I_{ст}$ = 280 А; $I_{отс}$ = 224 А.

Варианты ответов:
1) $U_{ср}$ = 9,6 В, $K_Т$ = 0,72 Ом;
2) $U_{ср}$ = 3,6 В, $K_Т$ = 0,67 Ом;
3) $U_{ср}$ = 14,6 В, $K_Т$ = 0,87 Ом;
4) $U_{ср}$ = 19,6 В, $K_Т$ = 0,071 Ом.



Задание № 5

Для системы стабилизации скорости прокатного стана с отрицательной обратной связью по ЭДС и положительной обратной связью по току определить сигналы обратной связи по ЭДС и по току в номинальном режиме для двух значений задающего напряжения.



Исходные данные для расчёта.

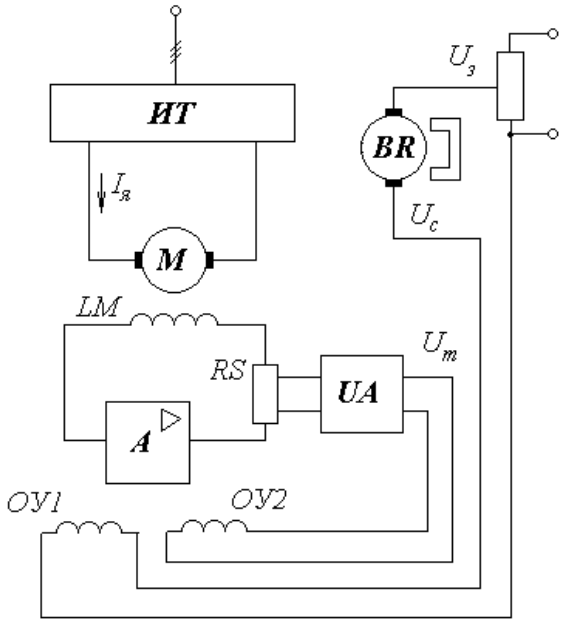
Двигатель П111; $P_н$ = 100 кВт; $n_н$ = 1450 об/мин; $\eta_н$ = 90,5 %; $U_н$ = 220 В; $I_{ян}$ = 511 А.
Коэффициенты передачи:
суммирующего усилителя K_A = 10;
преобразователя $K_П$ = 23;
датчика тока $K_Т$ = 0,022 Ом;
R_1 = 9,1 кОм; R_2 = 510 Ом; $R_{дп}$ = 0,005 Ом.
напряжения задания $U_{з1}$ = 8 В; $U_{з2}$ = 4 В.

Варианты ответов:

1) $U_{осэ1}$ = 9,13 В $U_{ост1}$ = 9,01 В, $U_{осэ2}$ = 4,57 В, $U_{ост2}$ = 4,55 В;
2) $U_{осэ1}$ = 5,6 В $U_{ост1}$ = 11,21 В, $U_{осэ2}$ = 2,87 В, $U_{ост2}$ = 5,55 В;
3) $U_{осэ1}$ = 4,83 В $U_{ост1}$ = 8,52 В, $U_{осэ2}$ = 2,41 В, $U_{ост2}$ = 4,26 В;
4) $U_{осэ1}$ = 6,86 В $U_{ост1}$ = 5,23 В, $U_{осэ2}$ = 3,44 В, $U_{ост2}$ = 2,75 В.

Задание № 6

Для системы стабилизации скорости электропривода крана в металлургическом цехе, построенной по принципу ИТ-Д, определить значения сигналов обратной связи по скорости и по току для двух значений задающего сигнала.



Обратные связи: по скорости отрицательная, по току возбуждения положительная; параметры обмоток управления ОУ1 и ОУ2 одинаковы.

Исходные данные для расчёта.

Двигатель ДП-42; $P_н$ = 23 кВт; $\eta_н$ = 83,6 %; $U_н$ = 220 В; $I_{ян}$ = 125 А; $\omega_н$ = 62,8 $с^{-1}$; $I_{вн}$ = 2,4 А; $U_{вн}$ = 220 В.

Коэффициенты передачи:

суммирующего усилителя K_A = 24; датчика тока $K_Т$ = 0,04 Ом; датчика скорости $K_С$ = 0,15 В·с/рад.

Напряжения задания $U_{з1}$ = 6 В; $U_{з2}$ = 3 В.

$$C = \frac{1}{\left(2\pi\frac{PN}{a}\right)},\ P = 4;\ N = 342 \text{ витка};\ a = 1.$$

Варианты ответов:

1) $U_{с1}$ = 15,6 В $U_{т1}$ = 8,52 В, $U_{с2}$ = 8,83 В, $U_{т2}$ = 4,27 В;
2) $U_{с1}$ = 8,68 В $U_{т1}$ = 7,83 В, $U_{с2}$ = 4,32 В, $U_{т2}$ = 3,96 В;
3) $U_{с1}$ = 9,66 В $U_{т1}$ = 6,58 В, $U_{с2}$ = 4,33 В, $U_{т2}$ = 3,25 В;
4) $U_{с1}$ = 5,66 В $U_{т1}$ = 5,58 В, $U_{с2}$ = 2,83 В, $U_{т2}$ = 2,29 В.

Задание № 7

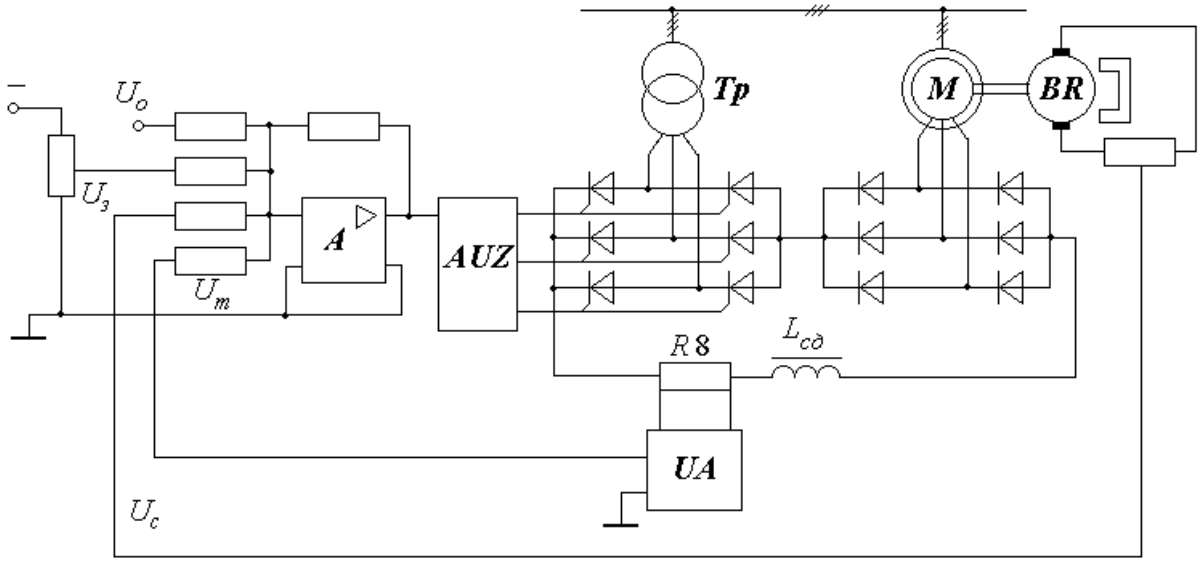
Для замкнутой системы с АВК регулирования скорости асинхронного двигателя крана определить в номинальном режиме значения сигналов обратной связи по скорости и по току для двух значений сигнала управления $U_{з1}$, $U_{з2}$.

Исходные данные для расчёта (связь по току положительная):

Двигатель МТ-73-10-42; $P_н$ = 125 кВт; $U_н$ = 380 В; $\omega_н$ = 61,3 рад/с; R_1 = 0,0151 Ом; X_1 = 0,0731 Ом; $E_{рн}$ = 442 В; R_2 = 0,0337 Ом; X_2 = 0,098 Ом; $X_{сд}$ = 0,01 Ом; $R_{сд}$ = 0; $I_{рн}$ = 175 А; U_0 = 10 В.

Коэффициент обратной связи по скорости и току $K_С$ = 0,15 В·с/рад, $K_Т$ =0,057 Ом.

K_A = 10; $U_{з1}$ = 10 В; $U_{з2}$ = 1 В.

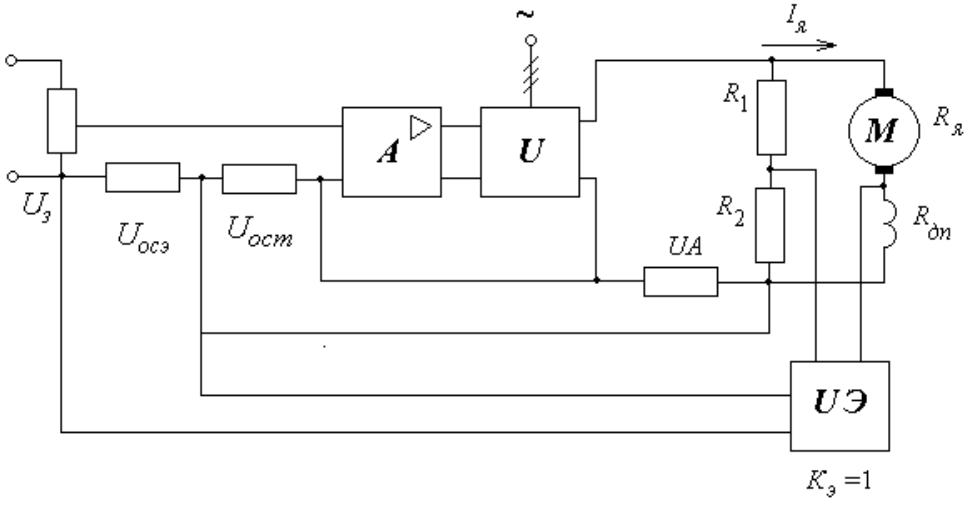


Варианты ответов:

1) $U_{с1}$ = 4,25 В $U_{т1}$ = 8,58 В, $U_{с2}$ = 0,48 В, $U_{т2}$ = 0,82 В;
2) $U_{с1}$ = 6,08 В $U_{т1}$ = 7,83 В, $U_{с2}$ = 0,68 В, $U_{т2}$ = 0,76 В;
3) $U_{с1}$ = 9,20 В $U_{т1}$ = 9,98 В, $U_{с2}$ = 0,94 В, $U_{т2}$ = 1,02 В;
4) $U_{с1}$ = 7,82 В $U_{т1}$ = 6,94 В, $U_{с2}$ = 0,74 В, $U_{т2}$ = 0,65 В.

Задание № 8

Для замкнутой системы стабилизации скорости прокатного стана с отрицательной обратной связью по ЭДС и положительной обратной связью по току определить значение коэффициентов передачи обратных связей $K_Э$ и $K_Т$, чтобы статизм замкнутой системы при диапазоне регулирования D = 100 не превышал значения δ = 0,02.



Исходные данные для расчёта.

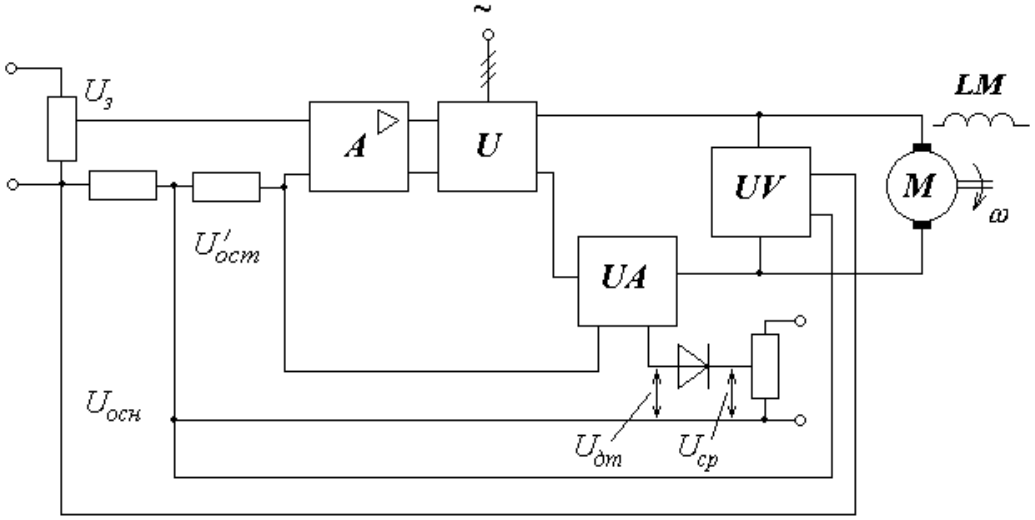
Двигатель П111; $P_н$ = 100 кВт; $n_н$ = 1450 об/мин; $\eta_н$ = 90,5 %; $U_н$ = 220 В; $I_{ян}$ = 511 А.
Коэффициенты передачи:
суммирующего усилителя K_A = 10;
преобразователя $K_П$ = 23.
Сопротивление дополнительных полюсов $R_{дп}$ = 0,005 Ом.
Напряжение задания $U_з$ = 10 В.

Варианты ответов:

1) $K_Т$ = 0,022 Ом, $K_Э$ = 0,0455;
2) $K_Т$ = 0,022 Ом, $K_Э$ = 0,0455;
3) $K_Т$ = 0,022 Ом, $K_Э$ = 0,0455;
4) $K_Т$ = 0,022 Ом, $K_Э$ = 0,0455.

Задание № 9

Для замкнутой системы стабилизации скорости обкатного стана с отрицательной обратной связью по скорости и задержанной по току определить напряжение сравнения в цепи обратной связи по току и значение коэффициента передачи этой обратной связи.



Исходные данные для расчёта.

Двигатель П143-4К; $P_н$ = 200 кВт; $n_н$ = 400 об/мин; $\eta_н$ = 91,6 %; $U_н$ = 440 В; $I_{ян}$ = 497 А.
Коэффициенты передачи:
суммирующего усилителя K_A = 10;
преобразователя $K_П$ = 46;
датчика скорости $K_С$ = 0,24 В·с/рад;
напряжение задания $U_з$ = 8 В.
ток стопорения $I_{ст}$ = 994 А; $I_{отс}$ = 800 А.

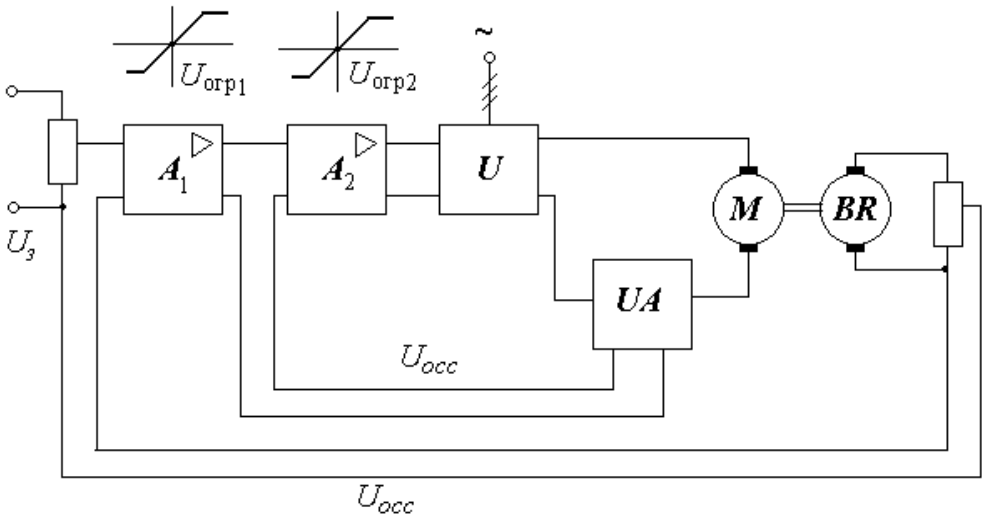
Варианты ответов:
1) $U_{ср}$ = 9,6 В, $K_Т$ = 0,076 Ом;
2) $U_{ср}$ = 19,8 В, $K_Т$ = 0,0201 Ом;
3) $U_{ср}$ = 14,6 В, $K_Т$ = 0,068 Ом;
4) $U_{ср}$ = 6,6 В, $K_Т$ = 0,031 Ом.

Задание № 10

Для системы стабилизации скорости станка с ЧПУ с отрицательной обратной связью по скорости и положительной по току определить выходные сигналы усилителей A_1, A_2 при номинальном моменте для двух значений задающего сигнала.

Исходные данные для расчёта.

Двигатель ПБСТ-32; $P_н$= 1,5 кВт; $n_н$= 2200 об/мин; $\eta_н$= 79,5%; $U_н$= 220 В; $I_{ян}$ = 8,6 А.
Коэффициенты передачи:
суммирующих усилителей K_{A1} = 5; K_{A2} = 0,8; $U_{огр1}$= 10 В; $U_{огр2}$ = 8 В;
преобразователя $K_П$ = 23;
датчика тока $K_Т$ = 1,16 Ом;
датчика скорости $K_С$ = 0,043 В·с/рад;
$U_{з1}$ = 10 В; $U_{з2}$ = 5 В.



Варианты ответов:

1) U_{A11} = 8,35 В, U_{A12} = 4,12 В, U_{A21} = 4,16 В, U_{A22} = 2,03 В;
2) U_{A11} = 10 В, U_{A12} = 4,95 В, U_{A21} = 5,17 В, U_{A22} = 2,56 В;
3) U_{A11} = 7,6 В, U_{A12} = 3,82 В, U_{A21} = 6,32 В, U_{A22} = 3,17 В;
4) U_{A11} = 6,2 В, U_{A12} = 2,94 В, U_{A21} = 4,57 В, U_{A22} = 2,25 В.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

Седьмой семестр

1. Понятие о системах управления электроприводов.
2. Классификация систем управления электроприводов.
3. Виды функций принадлежности.
4. Нечеткие множества и логические операции над ними.
5. Порядок поиска решения в совокупности нечетких множеств.
6. Алгоритмы поиска решения.
7. Фаззи-управление.
8. Нечеткое управление исполнительным приводом.
9. Нечеткое моделирование в системе MATLAB.
10. Редактор систем нечеткого вывода.
11. Редактор функций принадлежности.
12. Редактор правил нечеткого вывода.
13. Общая характеристика модального управления.
14. Синтез модального регулятора методом стандартных уравнений.
15. Уравнения разомкнутого и замкнутого электропривода постоянного тока.
16. Пример синтеза модального регулятора.
17. Структура системы подчиненного регулирования.
18. Функциональная схема электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием тока и скорости.
19. Структурная схема электропривода с подчиненным регулированием.

20. Синтез регулятора тока в электроприводе постоянного тока.

21. Синтез регулятора скорости в электроприводе постоянного тока.

22. Пример синтеза регуляторов тока и скорости в системе подчиненного регулирования.

23. Функциональная схема электропривода с двухзонным регулированием скорости.

24. Структурная схема электропривода с двухзонным регулированием скорости.

25. Линеаризованная структурная схема электропривода с двухзонным регулированием скорости.

26. Синтез регулятора тока в электроприводе с двухзонным регулированием скорости.

27. Синтез регулятора ЭДС в электроприводе с двухзонным регулированием скорости.

28. Пример синтеза регуляторов тока и скорости в системе с двухзонным регулированием скорости.

29. Особенности систем с регулированием по отклонению.

30. Функциональная схема системы управления электроприводом с обратной связью по скорости.

31. Функциональная схема системы управления электроприводом с обратной связью по току.

32. Положительная обратная связь по току.

33. Варианты получения экскаваторной характеристики привода.

34. Функциональная схема системы управления электроприводом с отрицательной обратной связью по скорости и задержанной отрицательной обратной связью по току.

35. Система подчиненного регулирования с последовательным ограничением координаты тока.

36. Настройка контуров регулируемых переменных с помощью активных корректирующих устройств.

37. Передаточные функции замкнутого и разомкнутого контуров при настройке на модульный оптимум.

38. Настройка контуров регулирования тока якоря и скорости двигателя в однократно интегрирующей системе управления.

39. Передаточные функции замкнутого и разомкнутого контуров скорости электропривода при настройке на симметричный оптимум.

40. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика при различных видах настройки электропривода.

41. Принцип скалярного управления.

42. Разомкнутые системы управления асинхронного электропривода.

43. Замкнутые системы частотного управления.

44. Функциональная схема системы частотного управления АД с обратной связью по току статора.

45. Функциональная схема системы ПЧ – АД с обратной связью по скорости.

46. Структурная схема системы ПЧ – АД с обратной связью по скорости.

47. Функциональные схемы систем ПЧ – АД при питании от источников тока.

48. Функциональная схема замкнутой системы ПЧ–АД с частотно-токовым управлением.

49. Структурная схема системы ПЧ – АД с частотно-токовым управлением.

50. Общая характеристика позиционных и следящих электроприводов и их систем управления.

51. Структурная схема следящего электропривода.

52. Точностные показатели следящих электроприводов.

53. Тахограмма и структурная схема задающего устройства позиционного электропривода.

54. Следящий и позиционный электроприводы.

Восьмой семестр

1. Понятие цифровой системы управления электропривода.

2. Расчетные модели цифровой системы управления с учетом дискретности по уровню.

3. Выбор расчетной модели аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователя по уровню искажения полезного сигнала при его квантовании.

4. Схема цифрового контура электропривода.

5. Математическое описание цифровой системы управления на основе теории импульсных систем.

6. Структурная схема и дискретная передаточная функция для цифрового контура регулирования координаты электропривода.

7. Определение дискретной передаточной функции цифрового регулятора.

8. Условия реализуемости желаемой динамики цифрового контура регулирования электропривода.

9. Синтез цифрового контура регулирования в соответствии с уравнением реализуемости.

10. Преимущества вентильного двигателя по сравнению с коллекторным двигателем постоянного тока.

11. Схема включения вентильного двигателя на основе трехфазной синхронной машины с постоянным магнитом.

12. Процесс коммутации ключей в схеме вентильного двигателя.

13. Конструкция оптического датчика положения ротора двигателя.

14. Диаграммы сигналов на выходе датчика и сформированных распределителем импульсов управляющих сигналов.

15. Состав силовой цепи вентильного двигателя.

16. Функциональная схема системы управления вентильного электропривода с контурами тока и скорости.

17. Режимы работы коммутатора. Схема релейного регулятора тока.

18. Алгоритм работы релейного регулятора тока.

19. Структурная схема двухконтурного электропривода с вентильным двигателем.

20. Электрическая схема системы тиристорный возбудитель – генератор – двигатель.

21. Настройка контура тока в системе тиристорный возбудитель – генератор – двигатель.

22. Настройка контура ЭДС в системе тиристорный возбудитель – генератор – двигатель.

23. Системы с косвенным регулированием координат электропривода и с прямым векторным управлением. Основные допущения при математическом описании электромагнитных процессов в АД.

24. Векторные диаграммы с опорным вектором основного потокосцепления и потокосцепления ротора.

25. Определение проекций векторов напряжений, токов, потокосцеплений статора и ротора при управлении по вектору потокосцепления ротора.

26. Функциональная схема системы Transvektor регулирования скорости АД с управлением по вектору потокосцепления ротора двигателя.

27. Определение проекций векторов напряжений, токов, потокосцеплений на оси неподвижной и вращающейся систем координат.

28. Структурная схема системы регулирования скорости АД с управлением по вектору потокосцепления ротора.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общая характеристика систем управления электроприводов	ПК-5, ПК-6	Тест
2	Логические системы управления электроприводами на основе фаззи-логики	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Защита лабораторной работы
3	Системы модального управления электроприводами	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Защита лабораторной работы, решение стандартных задач
4	Системы управления с подчиненным регулированием координат	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Защита лабораторных работ, решение стандартных задач, защита курсовой работы
5	Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Защита лабораторных работ, решение прикладных задач, защита курсовой работы
6	Системы управления скоростью электроприводов переменного тока	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Решение прикладных задач
7	Системы управления положением электроприводов	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Тест
8	Теоретические основы построения цифровых систем управления электроприводов	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Защита лабораторной работы
9	Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Защита лабораторной работы
10	Система генератор – двигатель	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Защита лабораторной работы
11	Системы векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Защита лабораторной работы

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

Тестирование осуществляется 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 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 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 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

При проработке конспектов лекций и самостоятельном изучении разделов теоретического материала необходимо использовать учебники:

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Анучин А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2015.— 373 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33232.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Терехов В.М. 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.

3. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр “Академия”, 2004. – 576 с.

4. Греков Э.Л. Исследование системы автоматического управления электроприводом постоянного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Греков Э.Л., Фатеев В.Б.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.— 108 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30057.html.— ЭБС «IPRbooks».

При подготовке к практическим занятиям и выполнении курсовой работы следует использовать учебные пособия и учебник:

1. Романов А.В. Элементы расчета систем управления электроприводом: практикум: учеб. пособие / А.В. Романов. – Воронеж: ВГТУ, 2011. – 153 с.

2. Трубецкой В.А. Проектирование исполнительных систем роботов: учеб. пособие / В.А. Трубецкой, В.А. Медведев, С.С. Ревнёв. – Воронеж: ВГТУ, 2018. – 98 с.

3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для вузов / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 272 с.

При подготовке, выполнении и сдаче лабораторных работ следует использовать методические указания и лабораторные практикумы:

1. Медведев В.А. Методические указания к лабораторным работам № 1, 2 по дисциплине “Основы систем управления электроприводами” для студентов направления 140400.62 “Электроэнергетика и электротехника” (профиль “Электропривод и автоматика”) очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2014. – 29 с.

2. Медведев В.А. Методические указания к лабораторным работам № 3, 4 по дисциплине “Основы систем управления электроприводами” для студентов направления 140400.62 “Электроэнергетика и электротехника” (профиль “Электропривод и автоматика”) очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2014. – 30 с.

3. Медведев В.А. Системы управления электроприводами: лабораторный практикум: учеб. пособие / В.А. Медведев, В.А. Трубецкой. Воронеж: ВГТУ, 2017. – 101 с.

4. Медведев В.А. Системы автоматического управления электроприводами: лабораторный практикум: учеб. пособие / В.А. Медведев, А.В. Романов. Воронеж: ВГТУ, 2017. – 100 с.

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 Программное обеспечение

Лицензионное ПО

– Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
– OpenOffice;
– Adobe Acrobat Reader;
– Internet explorer;
– Opera;
– SMath Studio.

Свободное ПО

- Skype
- Oppen Office

Отечественное ПО

– «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»»

– Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиат-интернет»»

– Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ)

– Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
– Российское образование. Федеральный портал. http://www.edu.ru/
– Образовательный портал ВГТУ https://education.cchgeu.ru/

8.2.3 Информационные справочные системы
– http://window.edu.ru
– https://wiki.cchgeu.ru/

8.2.4 Современные профессиональные базы данных
– Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru

– Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: https://www.electrical4u.com/

– All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: https://www.allaboutcircuits.com

– Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: https://netelectro.ru/

– Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: https://marketelectro.ru/
– Электротехнический портал. http://электротехнический-портал.рф/

– Единый портал инноваций и уникальных изобретений. Адрес ресурса: http://innovationportal.ru/

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. **Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

2. **Специализированная учебная лаборатория** для проведения лабораторного практикума.

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

по дисциплине «Основы систем управления электроприводами»

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 систем управления электроприводами постоянного и переменного тока. 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 необходимо 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 удается 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, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения 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, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	