

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Бурковский А.В.

«31» августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Автоматизация и алгоритмизация расчетов при проектировании
электроприводов»

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 2021

Автор программы

/ Трубецкой В.А./

Заведующий кафедрой
Электропривода,
автоматики и управления в
технических системах

/ Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

/ Питолин В.М./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Получение навыков разработки алгоритмов проектирования и исследования элементов и систем электропривода, получение навыков использования прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования, изучение методов и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности

1.2. Задачи освоения дисциплины

- освоение методов, приемов и алгоритмов проектирования элементов электропривода и систем автоматизированного электропривода;
- получение навыков использования прикладных программ при решении задач анализа и синтеза систем автоматизированного электропривода

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Автоматизация и алгоритмизация расчетов при проектировании электроприводов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Автоматизация и алгоритмизация расчетов при проектировании электроприводов» 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 методы и алгоритмы проектирования силовой и управляющей частей электропривода
	Уметь использовать инженерные методы проектирования и расчета элементов электропривода
	Владеть схемами алгоритмов формирования концепции системы электропривода и отдельных ее частей
ПК-4	Знать структуру и элементы структуры АСУТП

	Уметь осуществлять динамический и энергетический расчеты элементов АСУТП
	Владеть методами разработки и исследования АСУТП
ПК-5	Знать элементы системного подхода при выполнении этапа предпроектного обследования технологического оборудования (ТП) с целью формирования требований к АСУ
	Уметь осуществлять необходимые стадии и этапы выполнения процесса обследования ТП при разработке СУ
	Владеть навыками сбора и обработки необходимой информации об исследуемом ТП с целью разработки СУ
ПК-6	Знать номенклатуру вариантов оборудования и его особенности для конкретных разработок проектов СУ
	Уметь использовать алгоритмы и методы проектирования систем управления для различных вариантов ТП с учетом их характеристик
	Владеть навыками анализа и синтеза СУЭП для различных вариантов ТП

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Автоматизация и алгоритмизация расчетов при проектировании электроприводов» 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	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	54	36	18
Самостоятельная работа	126	54	72
Курсовая работа	+		+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	144	144
зач.ед.	8	4	4

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		9	10
Аудиторные занятия (всего)	28	14	14
В том числе:			
Лекции	8	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
Самостоятельная работа	252	126	126
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	8	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	144	144
зач.ед.	8	4	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
1	Цель и задачи курса. Введение в системный анализ. Понятие системы, атрибутов системы.	Принципы агрегатирования и декомпозиции системного анализа. Постановка задач анализа и синтеза автоматизированного электропривода	12	6	10	20	48
2	Электрический привод как система. Структура электропривода и ее элементы.	Функции электропривода. Энергетический и информационный потоки в электроприводе. Варианты электроприводов постоянного и переменного тока	12	6	10	20	48
3	Моделирование электропривода. Варианты моделей электропривода.	Роль модели в структуре проектирования автоматизированного электропривода. Обоснование выбора модели при синтезе электропривода. Характеристики моделей, адекватность моделей.	12	6	10	20	48
4	Модели «черный ящик», «структуры», «состава» и структурная схема применительно к электроприводу как объекту исследования и разработки	Модель «черный ящик» применительно к электроприводу постоянного тока. Вектор выходных показателей электропривода. Модель «структуры» привода постоянного тока, выходные характеристики. Модель «состава» привода постоянного тока, выходные характеристики. Модель «черный ящик» применительно к электроприводу переменного тока. Модель «структуры» привода переменного тока, выходные характеристики. Модель «состава» привода переменного тока, выходные характеристики.	12	6	8	22	48
5	Системы автоматизированного проектирования электропривода	Алгоритмы проектирования элементов электропривода и системы в целом. Понятие автоматического и автоматизированного проектирования. Структура и элементы САПР. Классификация САПР.	12	6	8	22	48
6	Программное обеспечение моделирования электропривода	Системы MATLAB, Simulink как инструмент моделирования элементов электропривода. Блоки Simulink. Моделирование и настройка систем подчиненного регулирования с ДПТ и АД.	12	6	8	22	48
Итого			72	36	54	126	288

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Цель и задачи курса. Введение в системный анализ. Понятие системы, атрибутов системы.	Принципы агрегатирования и декомпозиции системного анализа. Постановка задач анализа и синтеза автоматизированного электропривода	2	-	4	42	48
2	Электрический привод как система. Структура электропривода и ее элементы.	Функции электропривода. Энергетический и информационный потоки в электроприводе. Варианты электроприводов постоянного и переменного тока	2	-	4	42	48
3	Моделирование электропривода. Варианты моделей электропривода.	Роль модели в структуре проектирования автоматизированного электропривода. Обоснование выбора модели при синтезе электропривода. Характеристики моделей, адекватность моделей.	2	-	2	42	46
4	Модели «черный ящик», «структуры», «состава» и структурная схема применительно к электроприводу как объекту исследования и разработки	Модель «черный ящик» применительно к электроприводу постоянного тока. Вектор выходных показателей электропривода. Модель «структуры» привода постоянного тока, выходные характеристики. Модель «состава» привода постоянного тока, выходные характеристики. Модель «черный ящик» применительно к электроприводу переменного тока. Модель «структуры» привода переменного тока, выходные характеристики. Модель «состава» привода переменного тока, выходные характеристики.	2	-	2	42	46
5	Системы автоматизированного проектирования электропривода	Алгоритмы проектирования элементов электропривода и системы в целом. Понятие автоматического и автоматизированного проектирования. Структура и элементы САПР. Классификация САПР.	-	2	2	42	46
6	Программное обеспечение моделирования электропривода	Системы MATLAB. Simulink как инструмент моделирования элементов электропривода. Блоки Simulink. Моделирование и настройка систем подчиненного регулирования с ДПТ и АД.	-	2	2	42	46
Итого			8	4	16	252	280

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Моделирование управляемых выпрямителей.
2. Широтно-импульсный преобразователь.
3. Автономные инверторы.
4. Моделирование двигателей постоянного тока.
5. Моделирование асинхронных двигателей.
6. Настройка систем, подчиненное регулирование в приводах постоянного тока.
7. Настройка систем, подчиненное регулирование в приводах переменного тока.
8. Асинхронные электроприводы со скалярным управлением.
9. Асинхронные электроприводы с векторным управлением.
10. Моделирование цифровых систем.
11. Моделирование систем адаптивного управления.
12. Моделирование исполнительной системы робота с цилиндрической системой координат.
13. Моделирование исполнительной системы робота с угловой системой координат.

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

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

Примерная тематика курсовой работы: «Разработка и исследование системы электропривода на базе двигателя постоянного тока с использованием систем автоматизированного проектирования»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Осуществление энергетического расчета с учетом исходных данных технического задания и с использованием прикладных программ.
- Разработка динамической модели объекта исследования. Определение параметров модели.
- Настройка контуров регулирования замкнутой системы электропривода на модульный и симметричный оптимумы.
- Исследование на модели характеристик разработанного электропривода и сравнения полученных результатов с заданными.

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

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

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

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	Знать методы и алгоритмы проектирования силовой и управляющей частей электропривода	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 использовать инженерные методы проектирования и расчета элементов 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 схемами алгоритмов формирования концепции системы электропривода и отдельных ее частей	Высокая адаптивность навыков сбора информации по существующим техническим решениям системы электропривода, выбора оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

		электропривода		
ПК-4	Знать структуру и элементы структуры АСУТП	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 осуществлять динамический и энергетический расчеты элементов АСУТП	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 методами разработки и исследования АСУТП	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 элементы системного подхода при выполнении этапа предпроектного обследования технологического оборудования (ТП) с целью формирования требований к АСУ	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 осуществлять необходимые стадии и этапы выполнения процесса обследования ТП при разработке СУ	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 сбора и обработки необходимой информации об исследуемом ТП с целью разработки СУ	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 номенклатуру вариантов оборудования и его особенности для конкретных разработок проектов СУ	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 использовать алгоритмы и методы проектирования систем управления для различных вариантов ТП с учетом их характеристик	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 навыками анализа и синтеза СУЭП для различных вариантов ТП	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 методы и алгоритмы проектирования силовой и управляющей частей электропривода	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать инженерные методы проектирования и расчета элементов 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 схемами алгоритмов формирования концепции системы электропривода и отдельных ее частей	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 структуру и элементы структуры АСУТП	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь осуществлять динамический и энергетический расчеты элементов АСУТП	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 методами разработки и исследования АСУТП	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 элементы системного подхода при выполнении этапа предпроектного обследования технологического оборудования (ТП) с целью формирования требований к АСУ	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	Уметь осуществлять необходимые стадии и этапы выполнения процесса обследования ТП при разработке СУ	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 сбора и обработки необходимой информации об исследуемом ТП с целью разработки СУ	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 номенклатуру вариантов оборудования и его особенности для конкретных разработок проектов СУ	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать алгоритмы и методы проектирования систем управления для различных вариантов ТП с учетом их характеристик	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 анализа и синтеза СУЭП для различных вариантов ТП	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.

Какое из приведенных определений сформулировано неправильно:

- 1) алгоритм – точно определенная инструкция, последовательно применяя которую к исходным данным, можно получить решение;
- 2) алгоритм – конечная совокупность точно заданных правил решения некоторого типа задач или набор инструкций, описывающих порядок действий;
- 3) алгоритм – строго определенная последовательность действий при решении задач;
- 4) алгоритм – перечень действий, приводящих к заданному результату.

Задание 2

Отметьте правильный ответ.

Какой из перечисленных вариантов не относится к существующим видам алгоритмов:

- 1) линейные алгоритмы;
- 2) круговые алгоритмы;
- 3) разветвляющиеся алгоритмы;
- 4) цикловые алгоритмы.

Задание 3

Отметьте правильный ответ.

- 1) Система автоматизированного проектирования – организационно-техническая система, предназначенная для автоматизированного процесса проектирования:

- 2) Система автоматизированного проектирования – процесс или совокупность мероприятий для выполнения задач анализа с помощью ЭВМ;
- 3) Система автоматизированного проектирования – точно определенная инструкция, последовательно применяя которую к исходным данным, можно получить решение;
- 4) Система автоматизированного проектирования – перечень методов и алгоритмов анализа и синтеза технических систем.

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.

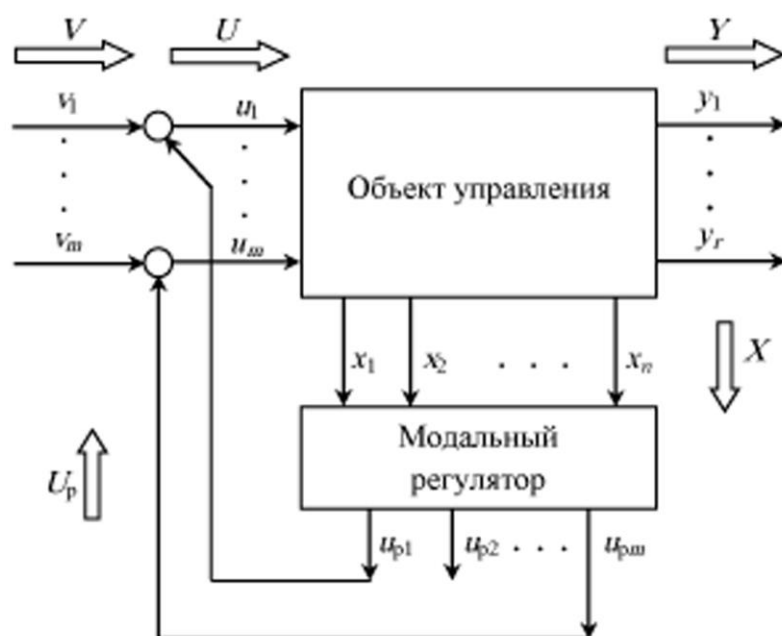
Какие действия не относятся к трудовым функциям при предпроектном обследовании оборудования:

- 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 $u_1, u_2, \dots, u_m$, выходы $y_1, y_2, \dots, y_r$ и переменные состояния $x_1, x_2, \dots, x_n$, число которых равно числу независимых дифференциальных уравнений, описывающих динамику ОУ.



Структура системы с модальным управлением

Вектор состояния объекта управления $X(t) = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}^T$. Вектор выходов модального регулятора $U_p(t) = \{u_{p1}, u_{p2}, \dots, u_{pm}\}^T$. Вектор задающих сигналов $V(t) = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}^T$, вектор управляющих сигналов $U(t) = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}^T$.

Объект управления описывается системой дифференциальных уравнений в форме Коши:

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

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

Уравнение модального регулятора и уравнение замыкания:

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

Необходимо получить описание системы с модальным управлением в матричной форме.

Варианты ответов:

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

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

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

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

Задание 2

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

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

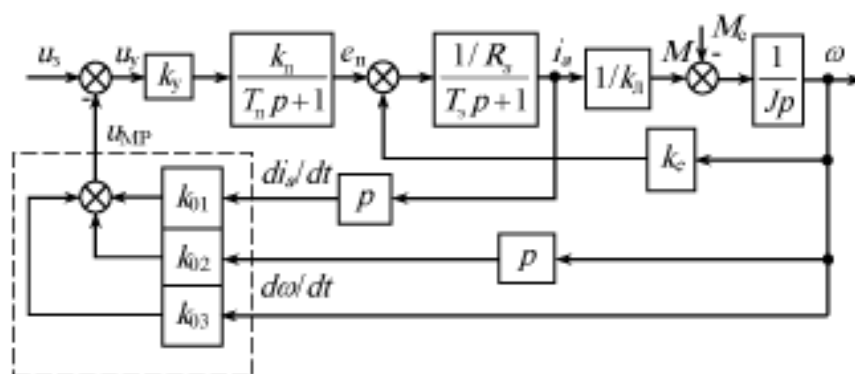
Для синтеза модального регулятора методом стандартных уравнений необходимо получить нормированную форму исходного уравнения.

Варианты ответов:

- 1) $c_n S^n + c_{n-1} S^{n-1} + \dots + c_i S^{n-i} + \dots + c_1 S + 1 = 0$;
- 2) $S^n - c_1 S^{n-1} + \dots - c_i S^{n-i} + \dots + c_{n-1} S - 1 = 0$;
- 3) $S^n + c_1 S^{n-1} + \dots + c_i S^{n-i} + \dots + c_{n-1} S + 1 = 0$;
- 4) $S^n + c_1 S^{n-1} - \dots + c_i S^{n-i} + \dots - c_{n-1} S + 1 = 0$.

Задание 3

Электропривод постоянного тока имеет управляемый преобразователь с коэффициентом усиления k_u и постоянной времени T_u , безынерционный усилитель с коэффициентом усиления k_e и двигатель, представленный апериодическим, интегрирующим звеньями и отрицательной обратной связью с коэффициентом противоЭДС $k_e = 1/k_\alpha$.



Структурная схема электропривода постоянного тока

Управляемый преобразователь, усилитель и двигатель описываются исходной системой уравнений

$$(T_u p + 1)e_n = k_u k_y u_y, \quad (T_a p + 1)i = \frac{1}{R_a} (e_n - \frac{1}{k_\alpha} \omega), \quad J p \omega = M - M_c, \quad M = i / k_\alpha.$$

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

Варианты ответов:

- 1) $(T_u T_a T_n p^3 + T_u T_a p^2 + (T_u + T_n)p + 1)\omega = k_0 u_y - \frac{M_c}{\beta} (T_u T_n p^2 + (T_u + T_n)p + 1)$;
- 2) $(T_u T_a T_n p^3 + T_u (T_a + T_n)p^2 + (T_u + T_n)p + 1)\omega = k_0 u_y - \frac{M_c}{\beta} (T_u T_n p^2 + (T_u + T_n)p + 1)$;
- 3) $(T_u T_a T_n p^3 + T_u (T_a + T_n)p^2 + T_u p + 1)\omega = k_0 u_y - \frac{M_c}{\beta} (T_u T_n p^2 + (T_u + T_n)p + 1)$;
- 4) $(T_u T_a T_n p^3 + T_u (T_a + T_n)p^2 + (T_u + T_n)p + 1)\omega = k_0 u_y - \frac{M_c}{\beta} (T_u T_n p^2 + T_u p + 1)$.

Задание 4

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

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

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

Параметры дифференциальных уравнений третьего порядка:

$$d_0 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ с}^3, \quad d_1 = 0,006 \text{ с}^2, \quad d_2 = 0,12 \text{ с}, \quad d_3 = 1, \quad b_0 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ с}^2, \quad b_1 = 0,06 \text{ с}, \quad b_2 = 1.$$

$$D_0 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ с}^3, \quad D_1 = d_1 + k_1 T_m, \quad D_2 = d_2 + k_2, \quad D_3 = 1 + k_3, \quad B_0 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ с}^2, \quad B_1 = b_1 + k_1, \quad B_2 = 1.$$

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 $\sigma = 0$, $\tau_{н.н.} = 6,3$.

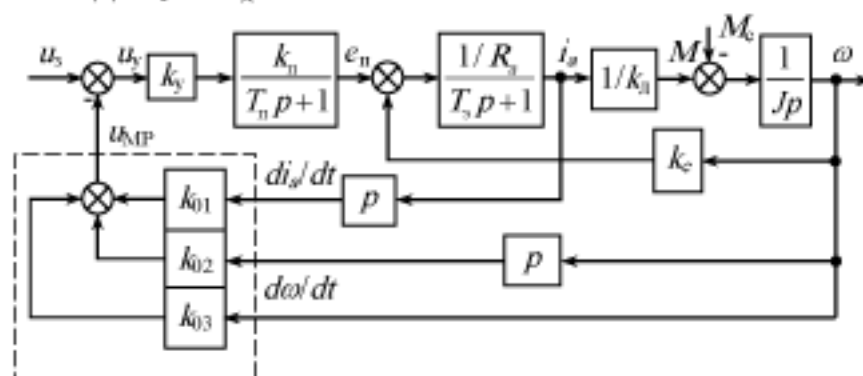
Необходимо обеспечить повышение жесткости механической характеристики в замкнутом по вектору состояния электроприводе в 10 раз. Определить соответствующие базовую частоту ω_0 , время переходного процесса $t_{н.н.}$ и коэффициенты усиления по контурам переменных состояния k_1, k_2, k_3 .

Варианты ответов:

- 1) $\omega_0 = 25 \text{ с}^{-1}$, $t_{н.н.} = 0,126 \text{ с}$, $k_1 = 0,6 \text{ с}$, $k_2 = 0,48 \text{ с}$, $k_3 = 5$;
- 2) $\omega_0 = 50 \text{ с}^{-1}$, $t_{н.н.} = 1,26 \text{ с}$, $k_1 = 0,6 \text{ с}$, $k_2 = 0,048 \text{ с}$, $k_3 = 4$;
- 3) $\omega_0 = 50 \text{ с}^{-1}$, $t_{н.н.} = 0,126 \text{ с}$, $k_1 = 0,06 \text{ с}$, $k_2 = 0,48 \text{ с}$, $k_3 = 9$;
- 4) $\omega_0 = 70 \text{ с}^{-1}$, $t_{н.н.} = 1,16 \text{ с}$, $k_1 = 0,6 \text{ с}$, $k_2 = 0,68 \text{ с}$, $k_3 = 8$;

Задание 5

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



Структурная схема электропривода постоянного тока с модальным регулятором

Управляемый преобразователь, усилитель и двигатель описываются системой уравнений

$$(T_n p + 1) e_n = k_n k_y u_y, \quad (T_s p + 1) i = \frac{1}{R_s} (e_n - \frac{1}{k_d} \omega), \quad J p \omega = M - M_e, \quad M = i / k_d,$$

Уравнение замыкания:

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

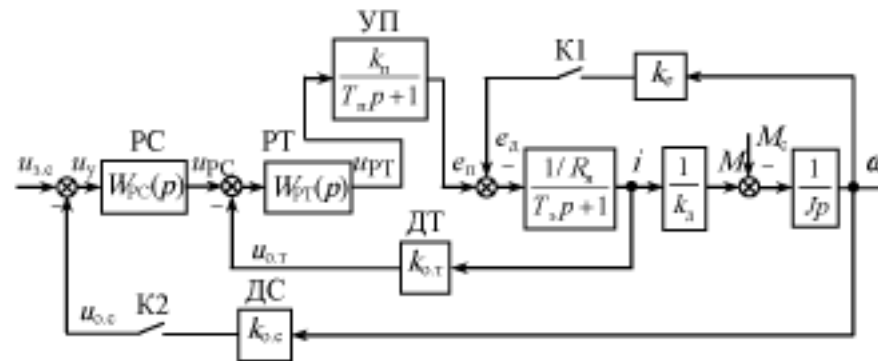
Получить уравнение для замкнутого по вектору состояния электропривода относительно выходной координаты ω .

Варианты ответов:

- 1) $(T_M T_s T_n p^3 - (T_M (T_s + T_n) + k_1 T_M) p^2 + (T_M + T_n - k_2) p + 1 + k_3) \omega = k_0 u - \frac{M_c}{\beta} (T_s T_n p^2 + (T_s + T_n + k_1) p + 1);$
- 2) $(T_M T_s T_n p^3 + (T_M (T_s + T_n) - k_1 T_M) p^2 + (T_M + T_n + k_2) p + 1 - k_3) \omega = k_0 u - \frac{M_c}{\beta} (T_s T_n p^2 + (T_s + T_n + k_1) p + 1);$
- 3) $(T_M T_s T_n p^3 + (T_M (T_s + T_n) + k_1 T_M) p^2 - (T_M + T_n + k_2) p + 1 + k_3) \omega = k_0 u - \frac{M_c}{\beta} (T_s T_n p^2 + (T_s - T_n + k_1) p + 1);$
- 4) $(T_M T_s T_n p^3 + (T_M (T_s + T_n) + k_1 T_M) p^2 + (T_M + T_n + k_2) p + 1 + k_3) \omega = k_0 u - \frac{M_c}{\beta} (T_s T_n p^2 + (T_s + T_n + k_1) p + 1).$

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:

$$W_{\text{окт}}(p) = W_{\text{опт}}(p) = \frac{1}{2T_n p(T_n p + 1)}.$$

За T_n для контура тока принять малую постоянная времени преобразователя T_n .

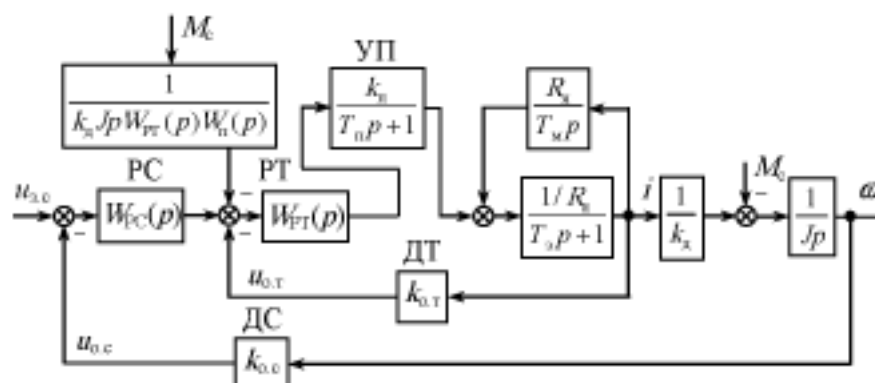
Необходимо получить выражения для передаточной функции разомкнутого контура тока и регулятора тока при настройке на модульный оптимум без учета обратной связи по ЭДС двигателя (ключ K1 разомкнут).

Варианты ответов:

- 1) $W_{\text{окт}}(p) = W_{\text{PT}}(p) \frac{k_i}{T_n p(T_s p + 1)}, \quad W_{\text{PT}}(p) = \frac{T_s p}{k_i 2T_n p};$
- 2) $W_{\text{окт}}(p) = W_{\text{PT}}(p) \frac{k_i}{(T_n p + 1)(T_s p + 1)}, \quad W_{\text{PT}}(p) = \frac{T_s p + 1}{k_i 2T_n p};$
- 3) $W_{\text{окт}}(p) = W_{\text{PT}}(p) \frac{k_i}{(T_n p + 1)T_s p}, \quad W_{\text{PT}}(p) = \frac{T_s p + 1}{2T_n p};$
- 4) $W_{\text{окт}}(p) = W_{\text{PT}}(p) \frac{k_i}{(T_n p + 1)}, \quad W_{\text{PT}}(p) = \frac{T_s p + 1}{k_i 2T_n p}.$

Задание 7

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



Передаточная функция разомкнутого контура при настройке на модульный оптимум:

$$W_{\text{OKT}}(p) = W_{\text{OHT}}(p) = \frac{1}{2T_u p(T_u p + 1)}.$$

За T_u для контура тока принять малую постоянная времени преобразователя T_u .

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:

$$1) \quad W_{\text{OKT}}(p) = W_{\text{PT}}(p) \frac{k_i T_w p}{T_w p (T_w T_w p^2 + T_w p + 1)}, \quad W_{\text{PT}}(p) = \frac{T_w p + 1}{2 T_w k_i T_w p^2};$$

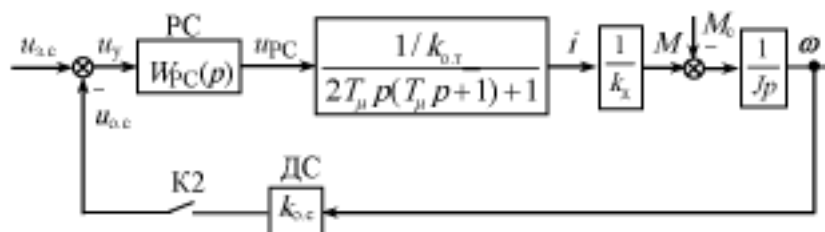
$$2) \quad W_{\text{OCT}}(p) = W_{\text{PI}}(p) \frac{k_i T_m p}{(T_m p + 1)(T_m p + 1)}, \quad W_{\text{PI}}(p) = \frac{T_m T_3 p^2 + T_m p}{2T_m k T_m p^2};$$

$$3) \quad W_{\text{OKT}}(p) = W_{\text{PT}}(p) \frac{k_s T_m p}{(T_m p + 1)(T_m T_s p^2 + T_m p + 1)}, \quad W_{\text{PT}}(p) = \frac{T_m T_s p^2 + T_m p + 1}{2T_m k_s T_s p^2};$$

$$4) \quad W_{\text{КТ}}(p) = W_{\text{ПТ}}(p) \frac{k_{\text{г}} T_{\text{м}} p}{T_{\text{г}} T_{\text{г}} p^2 + T_{\text{г}} p + 1}, \quad W_{\text{ПТ}}(p) = \frac{T_{\text{г}} T_{\text{г}} p^2 + T_{\text{м}} p + 1}{2 T_{\text{г}} T_{\text{г}} p^2}.$$

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:

$$W_{\text{off}}(p) = \frac{1/k_{\text{off}}}{D_{\text{off}}(p)},$$

где $D_i(p) = 2T_{up}p(T_{up}p + 1) + 1$ – характеристический полином оптимизированного замкну-

того контура тока.

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

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

где T_{μ} – малая некомпенсируемая постоянная времени.

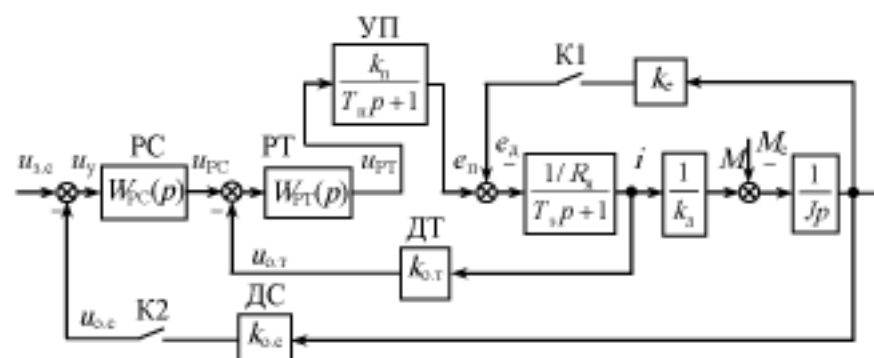
Необходимо определить передаточную функцию разомкнутого, замкнутого контура скорости и регулятора скорости.

Варианты ответов:

- 1) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{PC}}(p) \frac{1}{D_{\tau}(p)} \frac{k_{0.с}}{k_{\alpha} J p}$, $W_{\text{с.с}}(p) = \frac{1/k_{0.с}}{4T_{\mu}pD_{\tau}(p)}$, $W_{\text{PC}}(p) = \frac{k_{0.т}k_{\alpha}Jp}{4T_{\mu}k_{0.с}}$;
- 2) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{PC}}(p) \frac{1/k_{0.т}}{D_{\tau}(p)} \frac{k_{0.с}}{k_{\alpha} J p}$, $W_{\text{с.с}}(p) = \frac{1/k_{0.с}}{4T_{\mu}pD_{\tau}(p)+1}$, $W_{\text{PC}}(p) = \frac{k_{0.т}k_{\alpha}J}{4T_{\mu}k_{0.с}}$;
- 3) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{PC}}(p) \frac{1/k_{0.т}}{D_{\tau}(p)} \frac{k_{0.с}}{k_{\alpha} J}$, $W_{\text{с.с}}(p) = \frac{1}{4T_{\mu}pD_{\tau}(p)+1}$, $W_{\text{PC}}(p) = \frac{k_{0.т}k_{\alpha}J}{4T_{\mu}}$;
- 4) $W_{0\text{к.с}}(p) = W_{\text{PC}}(p) \frac{1/k_{0.т}}{D_{\tau}(p)} \frac{k_{0.с}}{J p}$, $W_{\text{с.с}}(p) = \frac{1}{4T_{\mu}pD_{\tau}(p)+1}$, $W_{\text{PC}}(p) = \frac{k_{\alpha}J}{4T_{\mu}k_{0.с}}$.

Задание 9

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



Передаточные функции регуляторов тока и скорости определяются из выражений:

$$W_{\text{PT}}(p) = (T_{\text{кл}}p + 1)/T_{01}p, \quad W_{\text{PC}}(p) = (T_{\text{к2}}p + 1)/T_{02}p.$$

Исходные данные:

передаточный коэффициент и момент инерции двигателя $k_{\alpha} = 0,83$ рад/(В·с), $J = 0,05$ кг·м²;

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

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

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

Необходимо определить параметры пропорционально-интегральных регуляторов тока и скорости без учета влияния ЭДС двигателя (ключ K1 разомкнут).

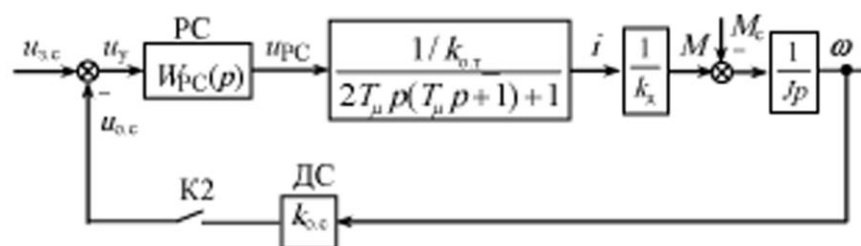
Варианты ответов:

- 1) $T_{\text{кл}} = 0,022$ с, $T_{01} = 0,044$ с, $T_{\text{к2}} = 0,08$ с, $T_{02} = 0,0154$ с;
- 2) $T_{\text{кл}} = 0,22$ с, $T_{01} = 0,044$ с, $T_{\text{к2}} = 0,008$ с, $T_{02} = 0,054$ с;
- 3) $T_{\text{кл}} = 0,042$ с, $T_{01} = 0,084$ с, $T_{\text{к2}} = 0,06$ с, $T_{02} = 0,154$ с;

$$4) T_{kl} = 0,068 \text{ с}, T_{01} = 0,06 \text{ с}, T_{k2} = 0,88 \text{ с}, T_{02} = 0,014 \text{ с}.$$

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:

$$W_{оп}(p) = \frac{1/k_{от}}{D_t(p)},$$

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

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

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

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

Варианты ответов:

- 1) $W_{к.с}(p) = W_{PC}(p) \frac{1}{D_t(p)} \frac{k_{о.с}}{k_{\alpha} J p}$, $W_{\Sigma.с}(p) = \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}p[4T_{\mu}pD_t(p)+1]+1}$, $W_{PC}(p) = \frac{8T_{\mu}p}{8T_{\mu}p} \cdot \frac{k_{от}k_{\alpha}J}{4T_{\mu}k_{о.с}}$;
- 2) $W_{к.с}(p) = W_{PC}(p) \frac{1/k_{от}}{D_t(p)} \frac{k_{о.с}}{k_{\alpha} J}$, $W_{\Sigma.с}(p) = \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}p[4T_{\mu}pD_t(p)+1]}$, $W_{PC}(p) = \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}p} \cdot \frac{k_{от}k_{\alpha}}{4T_{\mu}k_{о.с}}$;
- 3) $W_{к.с}(p) = W_{PC}(p) \frac{1/k_{от}}{D_t(p)} \frac{k_{о.с}}{J p}$, $W_{\Sigma.с}(p) = \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}p[4T_{\mu}pD_t(p)]+1}$, $W_{PC}(p) = \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}p} \cdot \frac{k_{\alpha}J}{4T_{\mu}k_{о.с}}$;
- 4) $W_{к.с}(p) = W_{PC}(p) \frac{1/k_{от}}{D_t(p)} \frac{k_{о.с}}{k_{\alpha} J p}$, $W_{\Sigma.с}(p) = \frac{(1/k_{от})(8T_{\mu}p+1)}{8T_{\mu}p[4T_{\mu}pD_t(p)+1]+1}$, $W_{PC}(p) = \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}p} \cdot \frac{k_{от}k_{\alpha}J}{4T_{\mu}k_{о.с}}$.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задание № 1

Для замкнутой системы стабилизации скорости станка с ЧПУ с отдельными отсечками по скорости и току определить угловые скорости ω_1 , ω_2 двигателя M при номинальном моменте для двух значений задающего воздействия $U_{z1} = 5$ В и $U_{z1} = 10$ В.

Исходные данные для расчёта.

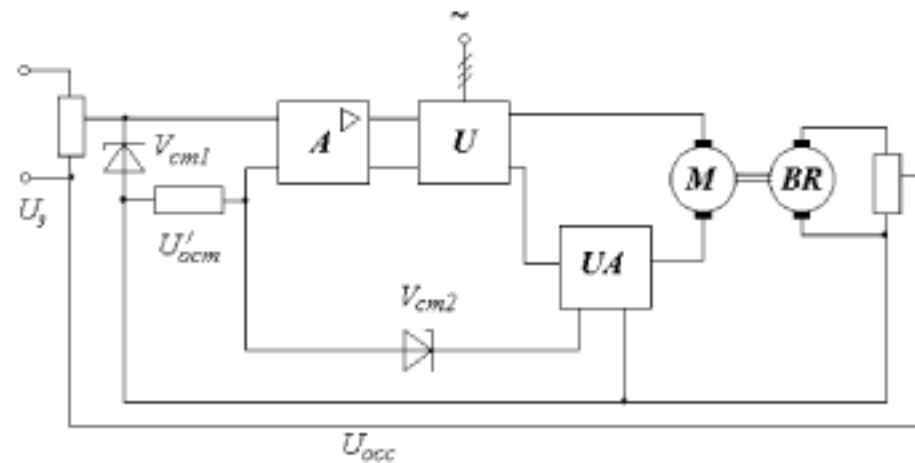
Двигатель ПБСТ-22; $P_n = 0,4$ кВт; $n_n = 1000$ об/мин; $\eta_n = 70,5$ %; $U_n = 220$ В; $I_{нн} = 2,58$ А.

Коэффициенты передачи:

суммирующего усилителя и преобразователя $K_A = 10$, $K_{П} = 23$;

датчиков скорости и тока $K_C = 0,096$ В·с/рад, $K_T = 2,08$ Ом;

напряжения пробоя стабилитронов: $U_{сн1} = 7$ В; $U_{сн2} = 8$ В.

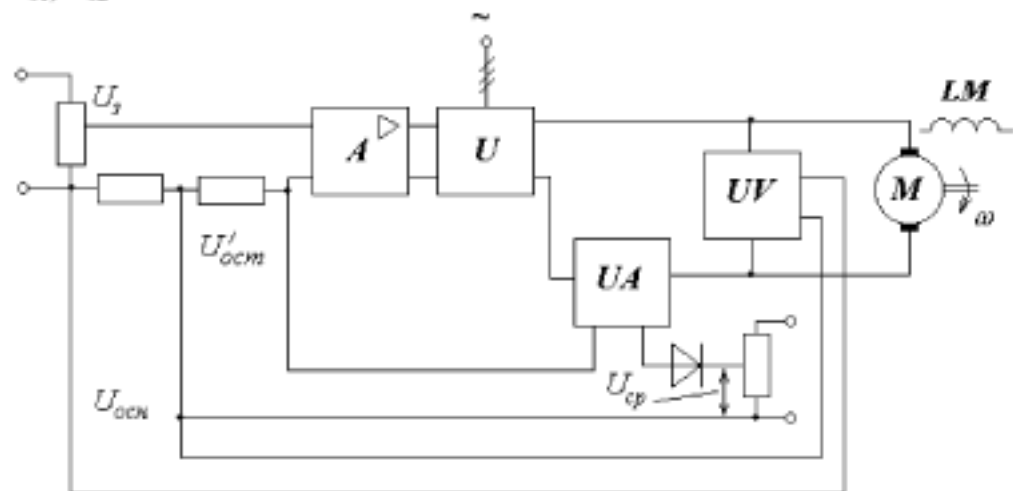


Варианты ответов:

- 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_{s1} , U_{s2} .



Исходные данные для расчёта (связь по току отрицательная):

Двигатель ДП-42; $P_n = 23$ кВт, $n_n = 600$ об/мин; $\eta_n = 83,6\%$; $U_n = 220$ В; $I_{nn} = 125$ А.

Коэффициенты передачи:

суммирующего усилителя $K_A = 10$;

преобразователя $K_{П} = 23$;

датчика напряжения $K_{Н} = 0,043$;

датчика тока $K_T = 0,07$ Ом;

напряжение сравнения $U_{cp} = 8$ В;

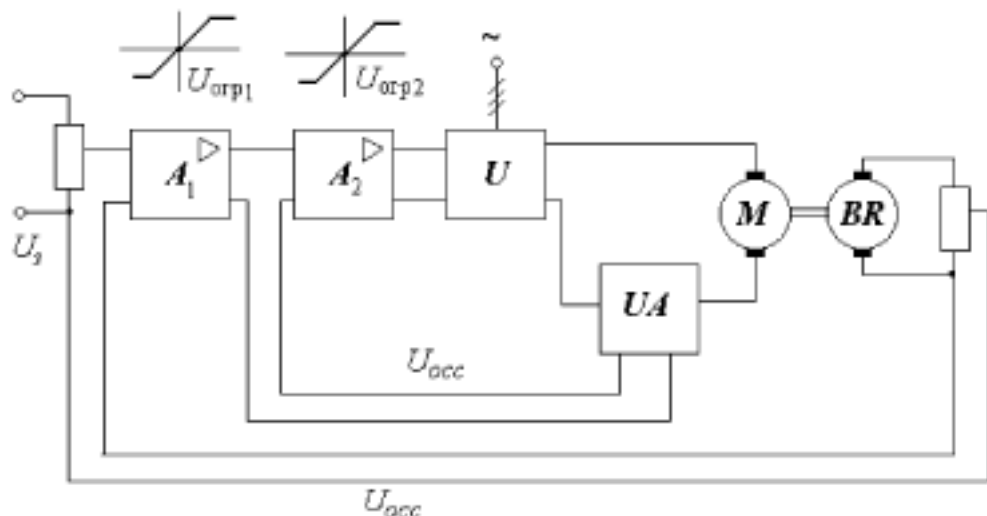
$U_{s1} = 8$ В; $U_{s2} = 10$ В.

Варианты ответов:

- 1) $U_{осн1} = 5,72$ В, $U'_{осн1} = 3,91$ В, $U_{осн1} = 7,53$ В, $U'_{осн1} = 2,24$ В;
- 2) $U_{осн1} = 3,79$ В, $U'_{осн1} = 2,81$ В, $U_{осн1} = 4,73$ В, $U'_{осн1} = 3,52$ В;
- 3) $U_{осн1} = 2,69$ В, $U'_{осн1} = 1,91$ В, $U_{осн1} = 3,76$ В, $U'_{осн1} = 3,22$ В;
- 4) $U_{осн1} = 6,73$ В, $U'_{осн1} = 5,85$ В, $U_{осн1} = 7,53$ В, $U'_{осн1} = 3,62$ 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; $P_n = 0,4$ кВт; $n_n = 1000$ об/мин; $\eta_n = 70,5\%$; $U_n = 220$ В; $I_{нн} = 2,58$ А.

Коэффициенты передачи:

суммирующих усилителей $K_{A1} = 5$; $K_{A2} = 0,8$; $U_{ср1} = 10$ В; $U_{ср2} = 8$ В;

преобразователя $K_{П} = 23$;

датчика тока $K_T = 2,08$ Ом;

датчика скорости $K_C = 0,096$ В·с/рад;

$U_{s1} = 10$ В; $U_{s2} = 3$ 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; $P_n = 23$ кВт; $n_n = 600$ об/мин; $\eta_n = 83,6\%$; $U_n = 220$ В; $I_{нн} = 125$ А.

Коэффициенты передачи:

суммирующего усилителя $K_A = 10$;

преобразователя $K_{П} = 23$;

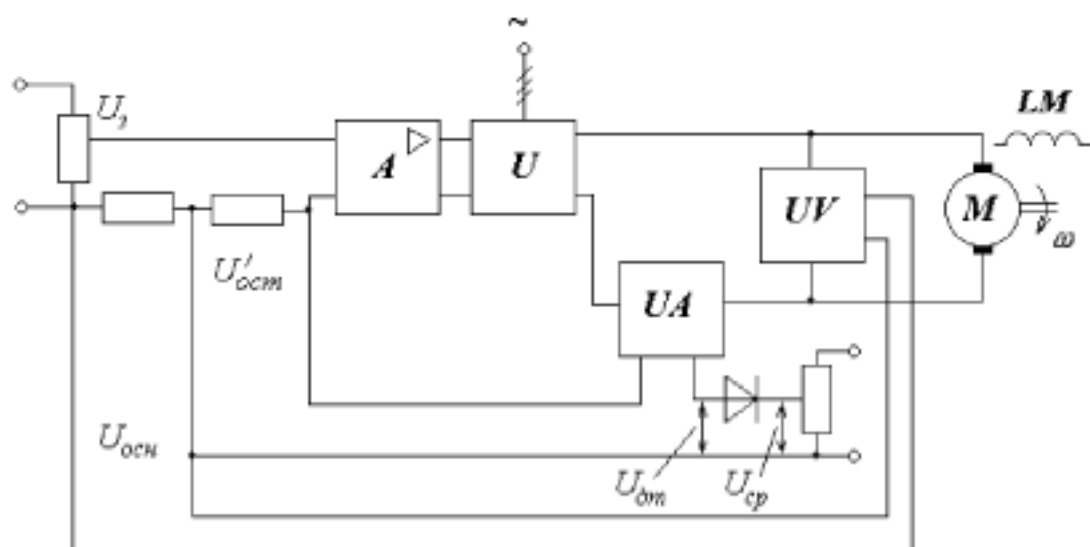
датчика напряжения $K_{П} = 0,043$;

напряжение задания $U_s = 10$ В;

ток стопорения $I_{ст} = 280$ А; $I_{отс} = 224$ А.

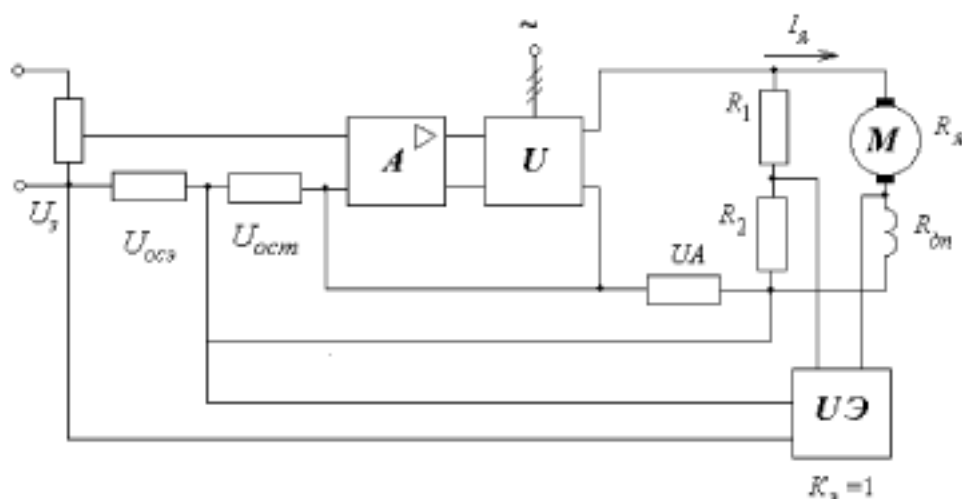
Варианты ответов:

- 1) $U_{ср} = 9,6$ В, $K_T = 0,72$ Ом;
- 2) $U_{ср} = 3,6$ В, $K_T = 0,67$ Ом;
- 3) $U_{ср} = 14,6$ В, $K_T = 0,87$ Ом;
- 4) $U_{ср} = 19,6$ В, $K_T = 0,071$ 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; $P_n = 100$ кВт; $n_n = 1450$ об/мин; $\eta_n = 90,5\%$; $U_n = 220$ В; $I_{an} = 511$ А.

Коэффициенты передачи:

суммирующего усилителя $K_A = 10$;

преобразователя $K_{П} = 23$;

датчика тока $K_T = 0,022$ Ом;

$R_1 = 9,1$ кОм; $R_2 = 510$ Ом; $R_{ан} = 0,005$ Ом.

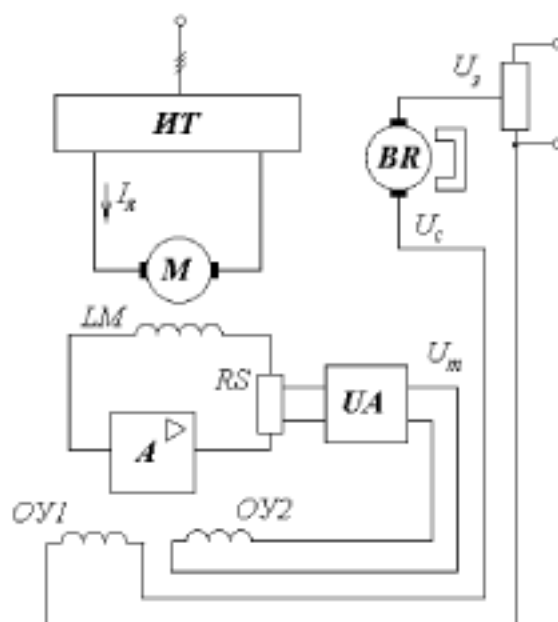
напряжения задания $U_{з1} = 8$ В; $U_{з2} = 4$ В.

Варианты ответов:

- 1) $U_{сн1} = 9,13$ В $U_{сн2} = 9,01$ В, $U_{сн3} = 4,57$ В, $U_{сн4} = 4,55$ В;
- 2) $U_{сн1} = 5,6$ В $U_{сн2} = 11,21$ В, $U_{сн3} = 2,87$ В, $U_{сн4} = 5,55$ В;
- 3) $U_{сн1} = 4,83$ В $U_{сн2} = 8,52$ В, $U_{сн3} = 2,41$ В, $U_{сн4} = 4,26$ В;
- 4) $U_{сн1} = 6,86$ В $U_{сн2} = 5,23$ В, $U_{сн3} = 3,44$ В, $U_{сн4} = 2,75$ 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; $P_n = 23$ кВт; $\eta_n = 83,6 \%$; $U_n = 220$ В; $I_{\text{нн}} = 125$ А; $\omega_n = 62,8$ с⁻¹; $I_{\text{вн}} = 2,4$ А; $U_{\text{вн}} = 220$ В.

Коэффициенты передачи:

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

Напряжения задания $U_{s1} = 6$ В; $U_{s2} = 3$ В.

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

Варианты ответов:

- 1) $U_{c1} = 15,6$ В $U_{t1} = 8,52$ В, $U_{c2} = 8,83$ В, $U_{t2} = 4,27$ В;
- 2) $U_{c1} = 8,68$ В $U_{t1} = 7,83$ В, $U_{c2} = 4,32$ В, $U_{t2} = 3,96$ В;
- 3) $U_{c1} = 9,66$ В $U_{t1} = 6,58$ В, $U_{c2} = 4,33$ В, $U_{t2} = 3,25$ В;
- 4) $U_{c1} = 5,66$ В $U_{t1} = 5,58$ В, $U_{c2} = 2,83$ В, $U_{t2} = 2,29$ В.

Задание № 7

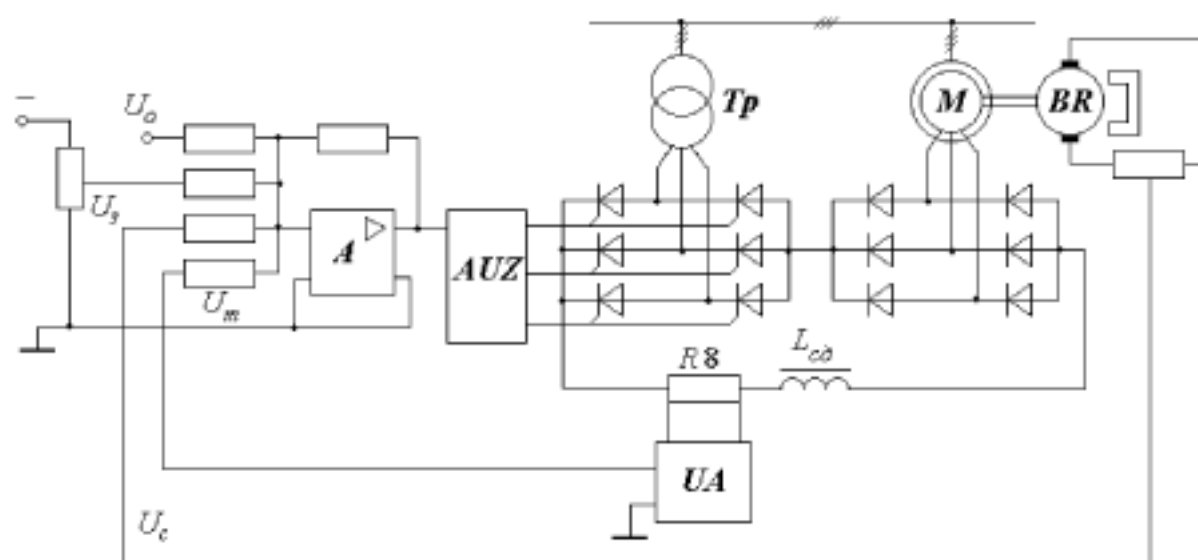
Для замкнутой системы с АВК регулирования скорости асинхронного двигателя крана определить в номинальном режиме значения сигналов обратной связи по скорости и по току для двух значений сигнала управления U_{s1} , U_{s2} .

Исходные данные для расчёта (связь по току положительная):

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

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

$K_A = 10$; $U_{s1} = 10$ В; $U_{s2} = 1$ В.

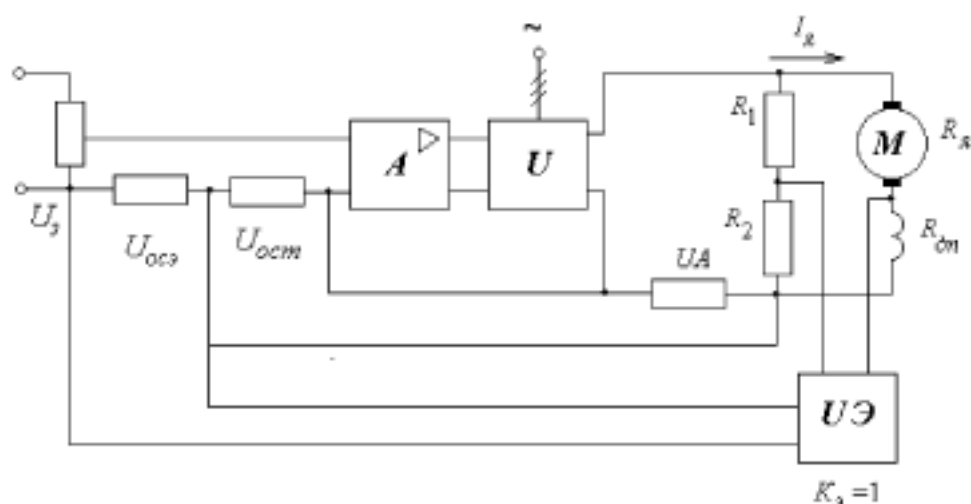


Варианты ответов:

- 1) $U_{c1} = 4,25 \text{ В}$, $U_{r1} = 8,58 \text{ В}$, $U_{c2} = 0,48 \text{ В}$, $U_{r2} = 0,82 \text{ В}$;
- 2) $U_{c1} = 6,08 \text{ В}$, $U_{r1} = 7,83 \text{ В}$, $U_{c2} = 0,68 \text{ В}$, $U_{r2} = 0,76 \text{ В}$;
- 3) $U_{c1} = 9,20 \text{ В}$, $U_{r1} = 9,98 \text{ В}$, $U_{c2} = 0,94 \text{ В}$, $U_{r2} = 1,02 \text{ В}$;
- 4) $U_{c1} = 7,82 \text{ В}$, $U_{r1} = 6,94 \text{ В}$, $U_{c2} = 0,74 \text{ В}$, $U_{r2} = 0,65 \text{ В}$.

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_{Σ} и K_T , чтобы статизм замкнутой системы при диапазоне регулирования $D = 100$ не превышал значения $\delta = 0,02$.



Исходные данные для расчёта.

Двигатель П111; $P_n = 100 \text{ кВт}$; $n_n = 1450 \text{ об/мин}$; $\eta_n = 90,5 \%$; $U_n = 220 \text{ В}$; $I_{ан} = 511 \text{ А}$.

Коэффициенты передачи:

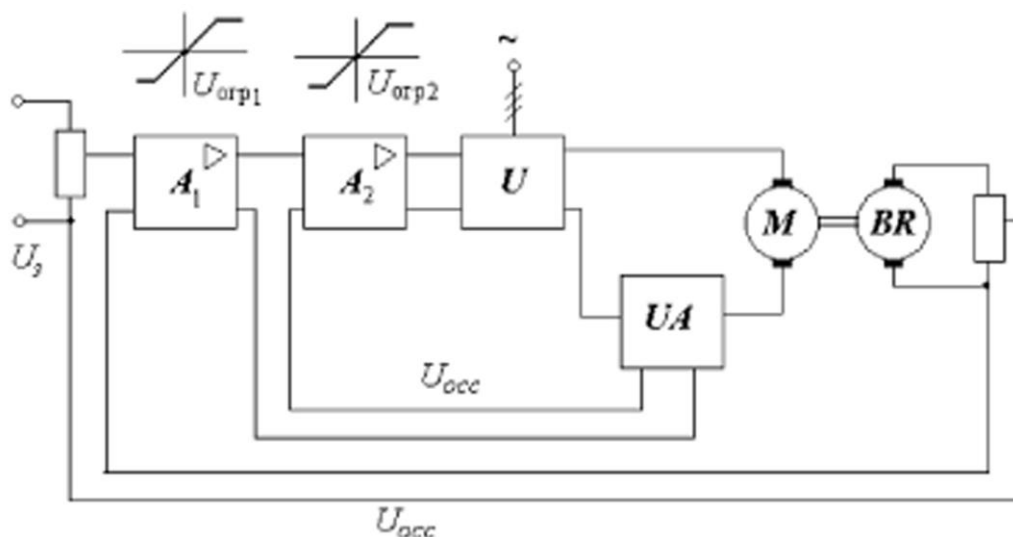
суммирующего усилителя $K_A = 10$;

преобразователя $K_{П} = 23$.

Сопротивление дополнительных полюсов $R_{дп} = 0,005 \text{ Ом}$.

Напряжение задания $U_z = 10 \text{ В}$.

Варианты ответов:



Варианты ответов:

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

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Для решения каких задач используется система MATLAB?
2. Назовите разделы библиотеки блоков SIMULINK.
3. Какие блоки используются для описания линейных непрерывных систем?
4. Как задаются параметры элементов блоков?
5. Какие блоки включает система MATLAB для моделирования нелинейных систем?
6. Какой блок формирует абсолютное значение выходного сигнала?
7. С помощью какого блока обеспечивается поиск максимального или минимального элемента входного вектора?
8. Каково назначение блока Scope?
9. С помощью какого блока можно обеспечить создание двумерных графиков в прямоугольной системе координат?
10. Какие виды входных сигналов могут формироваться в системе MATLAB?
11. Дайте определение системы.
12. Какими параметрами характеризуется система?
13. Что такое атрибуты системы?
14. Сформулируйте задачи анализа и синтеза технических систем.
15. Нарисуйте структуру алгоритма проектирования СЭП.
16. Назовите варианты синтеза ЭП. Приведите примеры.
17. Расскажите о модели «черный ящик» применительно к системе электропривода.

18. Функции модели в структуре процесса проектирования электропривода. Модели «черный ящик», состава, структуры, структурной схемы.
19. Для решения каких задач используется система MATLAB?
20. Опишите принципы подчиненного регулирования при настройке электроприводов.
21. Что такое модульный оптимум? Опишите алгоритм настройки электропривода на модульный оптимум.
22. Что такое симметричный оптимум? Опишите алгоритм настройки электропривода на симметричный оптимум.
23. Определение САПР. Назовите состав САПР и функции каждого блока.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен 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	Цель и задачи курса. Введение в системный анализ. Понятие системы, атрибутов системы.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Электрический привод как система. Структура электропривода и ее элементы.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Моделирование электропривода. Варианты моделей электропривода.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Модели «черный ящик», «структуры», «состава» и структурная схема применительно к электроприводу как объекту исследования и разработки	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

5	Системы автоматизированного проектирования электропривода	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Программное обеспечение моделирования электропривода	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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

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

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

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

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

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

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 про-

изводственных 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 ре-гулированием: 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:

Лицензионное программное обеспечение

1. LibreOffice;
2. Apache OpenOffice 4.1.11;

3. Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
4. ABBYY FineReader 9.0;
5. FEMM 4.2;
6. SciLab;
7. MATLAB Classroom;
8. Simulink Classroom.

Отечественное ПО

1. «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ»».
2. Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиатинтернет»».
3. Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ).
4. Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://www.edu.ru/>
Образовательный портал ВГТУ

Информационная справочная система

1. <http://window.edu.ru>
2. <https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

1. Электротехника. Сайт об электротехнике
Адрес ресурса: <https://electrono.ru>
2. Электротехнический портал
<http://электротехнический-портал.рф/>
3. Силовая электроника для любителей и профессионалов
<http://www.multikonelectronics.com/>
4. Netelectro
Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления
Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
5. 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/>
6. Электромеханика

Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>

7. Electrical 4U

Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник»

Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

8. 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>

9. Библиотека ООО «Электропоставка»

Адрес ресурса: <https://elektropostavka.ru/library>

10. Электрик

Адрес ресурса: <http://www.electrik.org/>

11. Чертижи.ru

Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

12. Электроспец

Адрес ресурса: <http://www.elektrospets.ru/index.php>

13. Библиотека

Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.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 «Автоматизация и алгоритмизация расчетов при проектировании электроприводов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

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

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета элементов систем электропривода 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 должны своевременно и в установленные сроки.

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

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