

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рукович Александр Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 05.06.2026 10:51:55

Уникальный программный ключ:

f45eb7c44954caac05ea7d4f32ebdd7dbb3eb9baebd9b4bda094afadaa7b705f

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К.
АММОСОВА»

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «СВФУ» в г. Нерюнгри

Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

Б1.В.03 Системы управления электроприводов

Направление подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

профиль «Электропривод и автоматика»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Группа Б-ЭП-26

УТВЕРЖДЕНО на заседании обеспечивающей кафедры электропривода и автоматизации
производственных процессов

« 26 » марта 2026 г. протокол № 06

и.о. зав. кафедрой ЭПиАПП

_____ А.В.Рукович

УТВЕРЖДЕНО на заседании выпускающей кафедры электропривода и автоматизации
производственных процессов

« 26 » марта 2026 г. протокол № 06

и.о. зав. кафедрой ЭПиАПП

_____ А.В.Рукович

Эксперт:

Рукович А.В., доцент кафедры ЭПиАПП

Ф.И.О., должность, организация, подпись

Эксперт:

Дьячковский Д.К., доцент кафедры ЭПиАПП

Ф.И.О., должность, организация, подпись

Составитель:

Шабо К.Я., доцент кафедры ЭПиАПП ТИ (ф) СВФУ

Паспорт фонда оценочных средств
по дисциплине (модулю) Б1.В.03 Системы управления электроприводов

№	Контролируемые разделы (темы)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение. Функции СУЭП.	ПК-1, ПК-4	Экзамен, тест, практические занятия, лабораторные работы.
2	Принципы управления ЭП.	ПК-1, ПК-4	Экзамен, тест, практические занятия, лабораторные работы, курсовое проектирование.
3	Типовые релейно-контакторные схемы	ПК-1, ПК-4	Экзамен, тест, практические занятия, лабораторные работы, курсовое проектирование.
4	Регулируемый ЭП постоянного тока.	ПК-1, ПК-4	Экзамен, тест, практические занятия, лабораторные работы, курсовое проектирование.
5	Регулируемый ЭП переменного тока.	ПК-1, ПК-4	Экзамен, тест, практические занятия, лабораторные работы, курсовое проектирование.
6	СУЭП специального назначения.	ПК-1, ПК-4	Экзамен, тест, практические занятия, лабораторные работы.

** Наименование темы (раздела) указывается в соответствии с рабочей программой дисциплины.*

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Технический институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»
в г. Нерюнгри
Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

Примеры тестовых заданий по дисциплине Б1.В.03 Системы управления электроприводов

1. В чем основное достоинство последовательного включения катушек дугогашения:

- а. Не поляризованность и надежность
- б. Простота включения
- в. Малые габариты
- г. Независимость силы от тока
- д. Малый расход меди

2. Основной недостаток использования постоянных магнитов для гашения дуги:

- а. Поляризованность
- б. Большой расход магнитных материалов
- в. Большой расход меди
- г. Изменение движения дуги
- д. Большие габариты

3. Эффективный способ борьбы с пламенем электрической дуги:

- а. Пламегасительная решетка
- б. Узкая щель
- в. Зигзагообразная щель
- г. Широкая щель
- д. Воздушное дутье

4. Что входит в магнитную цепь:

- а. Корпус изолированный
- б. Воздушный зазор
- в. Неподвижный магнитопровод
- г. Подвижный магнитопровод

5. Преимущественно, какой тип буферного устройства используется:

- а. Гидравлические
- б. Магнитные
- в. Пружинные
- г. Эластичные
- д. Рычажные

6. От какого параметра приходит в действие токовое реле:

- а. Ток
- б. Напряжение
- в. Мощность
- г. Фазовый угол
- д. Полярность

Шкала оценивания:

Процент выполненных тестовых заданий	Количество набранных баллов
91% - 100%	5 б.
81% - 90%	4,5 б.
71% - 80%	4 б.
61% - 70%	3,5 б.
51% - 60%	3 б.
<50%	0

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Технический институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»
в г. Нерюнгри

Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

Работа на лабораторном занятии по дисциплине Б1.В.03 Системы управления
электроприводов

Лабораторные работы или лабораторные практикумы

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Лабораторная работа или лабораторный практикум	Трудоемкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Введение. Функции СУЭП.	Изучение функций СУЭП	1	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
2	Принципы управления ЭП.	Оптимизация контура регулирования.	1	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
3	Типовые релейно-контакторные схемы	Исследование релейно-контакторной защиты электроприводов.	1	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
4	Регулируемый ЭП постоянного тока.	Система управления электропривода «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».	1	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
5	Регулируемый ЭП переменного тока.	Разработка принципиальной схемы управления системой электропривода и ее описание.	1	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
6	СУЭП специального назначения.	Системы управления частотно-регулируемым асинхронным электроприводом.	1	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
	Всего часов		6	

Работа на лабораторном занятии

В период освоения дисциплины студенты посещают лекционные занятия, самостоятельно изучают дополнительный теоретический материал к лабораторным занятиям. Критериями оценки работы на лабораторных занятиях является: владение теоретическими положениями по теме, выполнение лабораторных работ. Самостоятельная работа студентов включает проработку методических рекомендаций и дополнительной учебной литературы в соответствии с планом занятия; выполнение лабораторных работ. Основной формой проверки СРС является проведение лабораторных работ и письменное написание полученных результатов согласно методическим рекомендациям.

Содержание дисциплины, разработка лабораторных занятий с указанием основной и дополнительной литературы к каждому занятию, а также методические рекомендации к выполнению лабораторных заданий, образцы их выполнения представлены в Методических указаниях по курсу «Электрический привод».

Критериями для оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении лабораторных работ;
- правильность выполнения лабораторных работ;
- обоснованность и четкость изложения результатов.

Максимальный балл, который студент может набрать за лабораторное занятие - 6 баллов.

Характеристика выполнения и защиты лабораторных работ по разделу	Количество набранных баллов
<ul style="list-style-type: none">- ЛР выполнена и защищена в срок,- оформление соответствует требованиям ГОСТ ЕСКД,- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,- практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом и интерпретацией полученных результатов;- теоретическая взаимосвязь с практической частью освещена в полном объеме, глубоко, с использованием различных источников научно-технической информации.- при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет;- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы	6 баллов «отлично»
<ul style="list-style-type: none">- ЛР выполнена и защищена в срок,- оформление соответствует требованиям ГОСТ ЕСКД,- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в	5 баллов «хорошо»

<p>целом правильно;</p> <ul style="list-style-type: none"> - четко обосновывается выполненный расчет; - при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений - на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты 	
<ul style="list-style-type: none"> - ЛР выполнена и защищена в срок, - оформление соответствует требованиям, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал, - практическое задание выполнено со значительными ошибками - не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений; - при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет; - допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя - ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности - в схемах допущены неточности 	<p>4 баллов «удовлетворительно»</p>
<ul style="list-style-type: none"> - оформление не соответствует требованиям, - список литературы содержит справочный материал, - неуверенность в применении справочной литературы, - не выполнены требования на оценку «удовлетворительно» - отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения. - при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки, - не верно обосновывается выполненный расчет; - изложение основных аспектов несвязно, - отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения, - структура расчетов не соответствует содержанию, - на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы, - в схемах допущены неточности, чертежи выполнены неверно - ответы на наводящие вопросы неверные 	<p>менее 4 баллов, «неудовлетворительно»</p>

Практические занятия

Практическое задание предусматривает расчеты показателей объекта изучения дисциплины с использованием различных способов и методов по индивидуальным исходным данным.

Каждый студент выполняет свой индивидуальный вариант задания. Выбор варианта задания определяется порядковым номером, под которым студент записан в «Журнале учета посещаемости и успеваемости учебной группы».

Выполненная и оформленная в соответствии с требованиями работа представляется студентом на проверку преподавателю тут же на занятии или не позднее установленного срока. По результатам проверки преподавателем делается вывод об уровне освоенности материала, уровне сформированности компетенций или выдачи рекомендаций для устранения имеющихся в работе недостатков.

Характеристика выполнения практического задания	Количество набранных баллов
<ul style="list-style-type: none"> - практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом и интерпретацией полученных результатов; - допущены некоторые неточности, после замечаний студент способен их исправить. 	4 б.
<ul style="list-style-type: none"> - отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения - структура расчетов не соответствует содержанию - отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения. - не верно обосновывается выполненный расчет 	0б.

Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

Курсовое проектирование по дисциплине Б1.В.04 Системы управления электроприводов

Задание на курсовой проект

Задачей является проведение анализа и синтеза методом модального управления САУ объекта, представленного в виде структурной схемы и описанного соответствующими передаточными функциями.

Для реализации поставленной задачи согласно варианту задания (таблица 1) и параметров объекта управления (таблица 2) необходимо:

1) исследовать САУ объекта (найти корни и построить переходный процесс) классическим и модальным методами (по управляющему и возмущающему воздействиям);

2) синтезировать САУ объекта методом модального управления при полных измерениях координат и настройке системы на желаемое распределение корней характеристического полинома, соответствующее варианту стандартной линейной формы (по управляющему и возмущающему воздействиям). Найти корни и построить переходные процессы;

3) синтезировать САУ объекта с наблюдателем Люенбергера полного порядка при настройке системы на желаемое распределение корней характеристического полинома, соответствующее варианту стандартной линейной формы (по управляющему воздействию) без и с отклонением по начальным условиям. Найти корни и построить переходные процессоры;

4) синтезировать САУ объекта с наблюдателем Люенбергера пониженного порядка при настройке системы на желаемое распределение корней характеристического полинома, соответствующее варианту стандартной линейной формы (по управляющему воздействию) без и с отклонением по начальным условиям. Найти корни и построить переходные процессоры;

5) синтезировать САУ объекта на основе модифицированного модального управления (астатическую) при полных измерениях координат и настройке системы на желаемое распределения корней характеристического полинома, соответствующее варианту стандартной линейной формы (по управляющему и возмущающему воздействиям); Найти корни и построить переходные процессы.

При выполнении п.2 и п.5 все координаты вектора состояния САУ объекта (x_1 , x_2) являются измеряемыми, а при выполнении п.3 и п.4 в качестве измеряемых координат вектора состояния САУ объекта принять:

- для нечетных вариантов x_1 ;
- для четных вариантов x_2 .

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 1

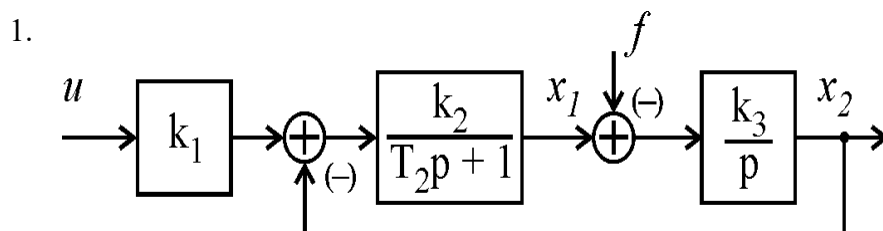
Вариант задания	Вариант структурной схемы	Вариант параметров объекта управления	Распределение корней характеристического полинома	Вариант задания	Вариант структурной схемы	Вариант параметров объекта управления	Распределение корней характеристического полинома
1	1	1	По форме Баттерворта	16	2	4	По форме Баттерворта
2	2	2		17	3	5	
3	3	3		18	4	6	
4	4	4		19	5	1	
5	5	5		20	6	2	
6	6	6	По биномиальной форме	21	7	3	По биномиальной форме
7	7	1		22	1	4	
8	1	2		23	2	5	
9	2	3		24	3	6	
10	3	4		25	4	1	
11	4	5	По форме Бесселя	26	5	2	По форме Бесселя
12	5	6		27	6	3	
13	6	1		28	7	4	
14	7	2		29	1	5	
15	1	3		30	2	6	

Таблица 2

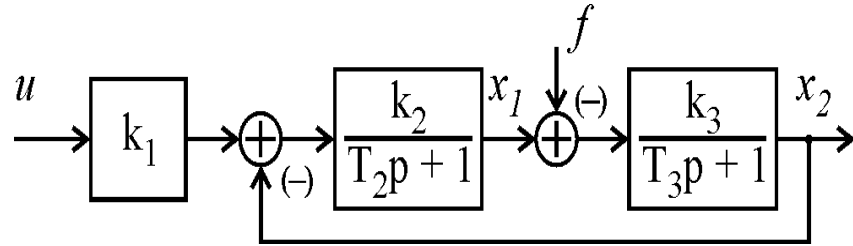
ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

№ варианта параметров	k_1 , о.е.	k_2 , о.е.	k_3 , о.е.	T_1 , с	T_2 , с	T_3 , с
1	2,2	1,5	2,0	1,000	3,2	3,5
2	1,5	1,0	1,2	0,800	2,8	1,4
3	2,5	1,4	0,7	1,250	2,0	2,2
4	3,0	0,8	1,1	0,625	1,8	1,6
5	2,5	0,7	1,5	0,500	2,4	2,8
6	2,0	1,2	1,7	0,400	1,4	2,0

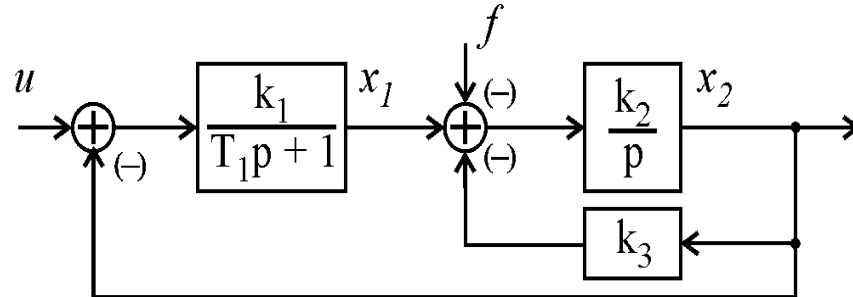
СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ



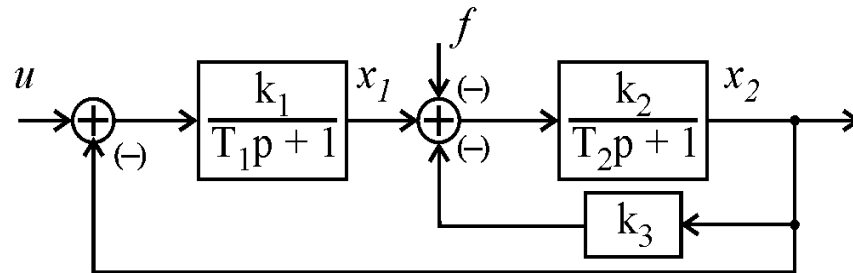
2.



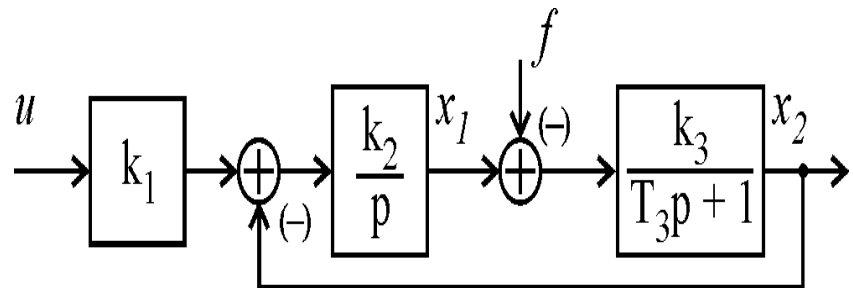
3.



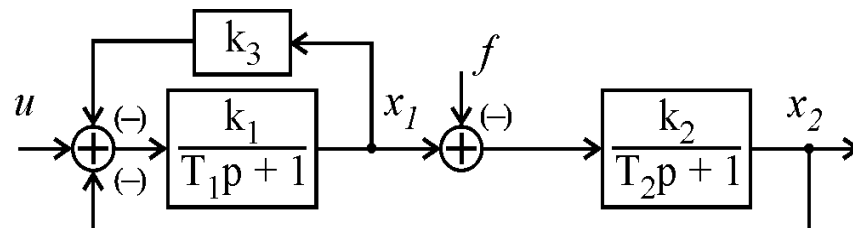
4.



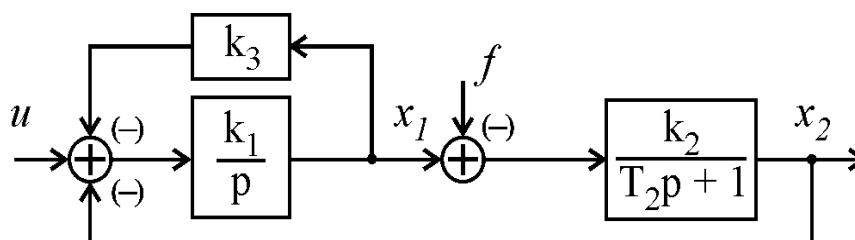
5.



6.



7.



Объём проекта: пояснительная записка формата А4 на 30-60 страницах со спецификацией, чертежи на слайдах.

Проект выполняется в результате внеаудиторной самостоятельной работы в течении 70 часов, при обеспечении индивидуальных еженедельных консультаций руководителем курсового проектирования.

За выполнение курсового проекта студент в течение семестра может набрать максимально 20 баллов. За защиту проекта максимально студент набирает 80 баллов, при этом, если защита проекта осуществлялась поэтапно со соблюдением всех требований в период контрольных точек, то данные баллы могут быть набраны в течение семестра.

Характеристика ответа по защите курсового проекта	Количество набранных баллов
<p>Курсовой проект выполнен в полном объеме При защите: Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по проекту, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.</p>	<p>61-100 «отлично»</p>
<p>В курсовом проекте прослеживаются некоторые неточности, которые студент способен исправить при защите При защите: Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен техническим языком с использованием терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.</p>	<p>46-60 «хорошо»</p>
<p>В курсовом проекте допущено значительное количество ошибок. При защите: После замечаний студент большую часть может исправить. Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.</p>	<p>35-45 «удовлетворительно»</p>
<p>Курсовой проект выполнен с грубыми нарушениями расчетов. После замечаний студент не может исправить ошибки.</p>	<p>Менее 35 «неудовлетворительно»</p>

<p>При защите: Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с выполненными расчетами. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнитель-ные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента.</p> <p>или</p> <p>Ответ на вопрос полностью отсутствует</p> <p>или</p> <p>Отказ от ответа</p>	<p>льно»</p>
--	--------------

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Технический институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»
в г. Нерюнгри

Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

Программа экзамена по дисциплине Б1.В.04 Системы управления электроприводов

Экзамен по «Системы управления электроприводами», проводится в форме собеседования по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса, и один практический вопрос в 5 семестре.

Перечень экзаменационных вопросов

1. СУЭП. Основные понятия и определения.
2. Разомкнутые системы ЭП. Прямой пуск ЭД.
3. Реверсивные разомкнутые системы ЭП.
4. Разомкнутые системы ЭП. Непрямой пуск ЭД.
5. Способы пуска СД. Механическая и угловая механическая характеристика СД.
6. Защиты, блокировки и сигнализация в системах ЭП. Защита от к.з. и перегрева.
7. Защиты, блокировки и сигнализация в системах ЭП. Защиты в системах ЭП. Защита от работы на двух фазах, нулевая защита, защита от обрыва поля.
8. Защиты, блокировки и сигнализация в системах ЭП. Защиты в системах ЭП. Защиты от затянувшегося пуска и выпадания из синхронизма.
9. Защиты, блокировки и сигнализация в системах ЭП. Контроль изоляции в системах управления ЭП.
10. Замкнутые системы управления ЭП. Основные положения.
11. Виды управления замкнутых СУЭП.
12. Влияние ОС на жесткость механических характеристик. Анализ разомкнутой системы и системы с ООС по скорости.
13. Влияние ОС на жесткость механических характеристик. Анализ разомкнутой системы и системы с ООС по напряжению.
14. Влияние ОС на жесткость механических характеристик. Анализ разомкнутой системы и системы с ПОС по току.
15. Влияние ОС на жесткость механических характеристик. Системы управления с задержанной ООС по току (отсечка по току).
16. Принципы построения и оптимизации систем подчиненного регулирования.
17. Оптимизация контура регулирования по модульному оптимуму. Пример настройки контура тока в СУ ДПТ от ТП.
18. Оптимизация контура регулирования по модульному оптимуму. Пример настройки контура скорости с подчиненным контуром тока в СУ ДПТ от ТП.
19. Оптимизация контура регулирования по симметричному оптимуму. Особенности применения.
20. Способы регулирования скорости электродвигателей постоянного и переменного тока.
21. Общие сведения о переходных режимах и постоянных времени.
22. Основы выбора СУЭП 1,2,3 группы (системы без обратных связей).
23. Основы выбора СУЭП. 4,5 группы (АСУ стабилизации, следящие системы).
24. Основы выбора СУЭП. 6,7 группы (программное и адаптивное АСУ).
25. Управление ЭП замкнутых систем.

26. Классификация замкнутых САУ ЭП и их характеристика.
27. Динамические характеристики замкнутых систем.
28. Синтез регуляторов. Общие понятия.
29. Способы ограничения скорости, напряжения, токов и моментов в замкнутых системах регулирования.
30. функции релейно-контакторных систем управления

Пример практического задания:

1. Реверс. Торможение противовключением

Схема торможения противовключением ДПТ представлена на рисунке 1.
 Механическая характеристика торможения противовключением ДПТ представлена на рисунке 2.
 Схема замещения имеет вид, представленный на рисунке 3.

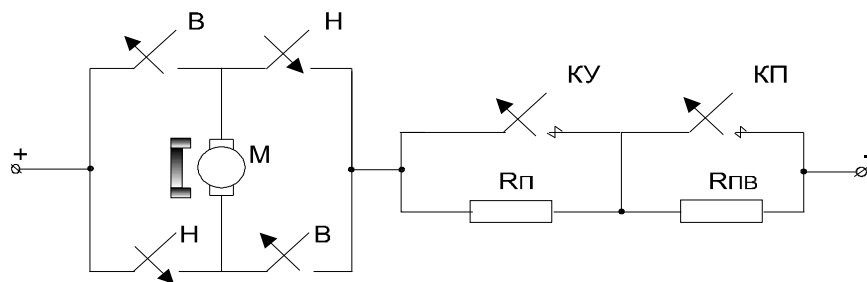


Рисунок 1

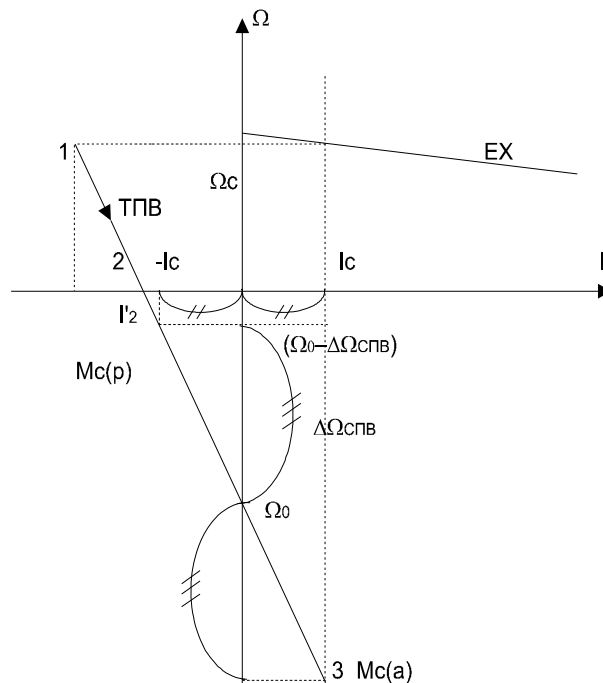


Рисунок 2

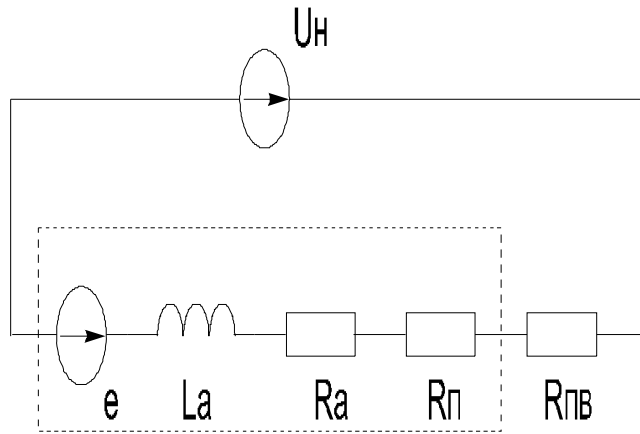


рисунок 3

$i_{пв}$ – ток торможения противовключением.

$R_{пв} = ?$

$$U_H + E = I_{пв} \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв});$$

$$R_{пв} = \frac{U_H + E}{I_{пв}} \cdot U_H - (R_a + R_{п}).$$

Х.Х. $E = U_H$; пусть $I_{пe} = I_{п}$.

$$R_{пв} = \frac{2 \cdot U_H}{I_{п}} - (R_a + R_{п}) = \frac{U_H}{I_{п}} = R_a + R_{п};$$

$$R_{пв} = R_a + R_{п};$$

$$-U_H = e + i \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв});$$

$$M - M_C = J \cdot \frac{d\Omega}{dt};$$

$$e = C_e \cdot \Phi_H \cdot \Omega;$$

$$M = C_e \cdot \Phi_H \cdot i \quad (M_C = C_M \cdot \Phi_H \cdot I_C).$$

В уравнении равновесия ЭДС учтен предыдущий двигательный режим ЭП. Поэтому U_H с минусом.

$$i = \frac{J}{C_M \cdot \Phi_H} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + I_C;$$

$$-U_H = C_e \cdot \Phi_H \cdot \Omega + \frac{J \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв})}{C_M \cdot \Phi_H} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + I_C \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв});$$

$$\Omega^1 + \frac{C_e \cdot C_M \cdot \Phi_H^2}{J \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв})} \cdot \Omega + \frac{I_C \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв}) \cdot C_M \cdot \Phi_H}{J \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв})} \cdot \frac{C_e \cdot \Phi_H}{C_e \cdot \Phi_H} +$$

$$+ U_H \cdot \frac{C_M \cdot \Phi_H}{J \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв})} \cdot \frac{C_e \cdot \Phi_H}{C_e \cdot \Phi_H} = 0;$$

где $\frac{J \cdot (R_a + R_{п} + R_{пв})}{C_e \cdot C_M \cdot \Phi_H^2} = T_{Mпв}$ — постоянная времени противовключения.

$$T_{Mпв} \approx 20 \cdot T_M.$$

$$\frac{I_C \cdot (R_a + R_{\Pi} + R_{\Pi B})}{C_e \cdot \Phi_H} = \Delta \Omega_{C\Pi B}; \quad \frac{U_H}{C_e \cdot \Phi_H} = \Omega_0;$$

$$\Omega' + \frac{1}{T_{M\Pi B}} \cdot \Omega - \frac{1}{T_{M\Pi B}} \cdot \Delta \Omega_{C\Pi B} + \frac{1}{T_{M\Pi B}} \cdot \Omega_0 = 0$$

$$\Omega = \Omega_Y + \Omega_{CB}$$

$$\Omega_Y \text{ при } \Omega' = 0:$$

$$\Omega_Y = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B}) - \text{для 3-ей точки, для активного момента на валу.}$$

$$\Omega_{CB} = A_{\Pi B} e^{-t/T_{M\Pi B}};$$

$$\Omega = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B}) + A_{\Pi B} e^{-t/T_{M\Pi B}}$$

$$A_{\Pi B} = ?$$

$$t = 0; \quad \Omega = \Omega_C = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B}) + A_{\Pi B} e^{-t/T_{M\Pi B}}$$

$$A_{\Pi B} = \Omega_C + \Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B}$$

$$\Omega = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B}) + (\Omega_C + \Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B})$$

$$\text{X.X. : } M_C = 0 \quad \Delta \Omega_{C\Pi B} = 0 \quad \Omega_C = \Omega_0$$

$$\Omega = -\Omega_0 + 2 \cdot \Omega_0 \cdot e^{-t/T_{M\Pi B}}$$

Выражение для тока

$$i = \frac{J}{C_M \cdot \Phi_H} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + I_C;$$

$$\Omega = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{C\Pi B}) + A_{\Pi B} e^{-t/T_{M\Pi B}};$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{T_{M\Pi B}} A_{\Pi B} e^{-t/T_{M\Pi B}};$$

$$i = \frac{J}{C_M \cdot \Phi_H} \cdot \left(\frac{1}{T_{M\Pi B}} \cdot A_{\Pi B} e^{-t/T_{M\Pi B}} \right) + I_C.$$

$$A_{\Pi B} = ?$$

$$t = -0; \quad I = I_C;$$

$$t = +0; \quad I = I_C;$$

$$-I_{\Pi B} = \frac{J \cdot A_{\Pi B}}{C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{M\Pi B}} + I_C$$

$$A_{\Pi B} = \frac{(I_{\Pi B} + I_C) \cdot C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{M\Pi B}}{J}$$

$$i = \frac{J \cdot (I_{\Pi B} + I_C) \cdot C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{M\Pi B}}{C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{M\Pi B} \cdot J} \cdot e^{-t/T_{M\Pi B}} + I_C$$

$$i = I_C - (I_{\Pi B} + I_C) \cdot e^{-t/T_{M\Pi B}}$$

$$\text{X.X. } I_C = 0 \quad I_{\Pi B} = I_{\Pi B \text{ Max}}$$

$$i = -I_{\Pi B \text{ Max}} \cdot e^{-t/T_{M\Pi B}}$$

Режим торможения противовключением идет одинаково и не зависит от характера момента на валу.

Время торможения противовключением

$$t_{\text{ТПВ}} = ?$$

$$t = t_{\text{ТПВ}} \quad i = -I_2^1$$

$$-I_2^1 = I_C - (I_{\text{ПВ}} + I_C)e^{-t_{\text{ТПВ}}/T_{\text{МПВ}}}$$

$$t_{\text{ТПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln \frac{I_{\text{ПВ}} + I_C}{I_2^1 + I_C}$$

$$\text{X.X.: } I_C = 0 \quad I_{\text{ПВ}} = I_{\text{ПВМАХ}}$$

$$I_2^1 = \frac{I_{\text{ПВМАХ}}}{2}$$

$$t_{\text{ТПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln 2$$

$$t = t_{\text{ТПВ}} \quad \Omega = 0$$

$$0 = -(\Omega_0 + \Delta\Omega_{\text{СПВ}}) + (\Omega_C + \Omega_0 + \Delta\Omega_{\text{СПВ}})e^{-t_{\text{ТПВ}}/T_{\text{МПВ}}}$$

$$t_{\text{ТПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln \frac{\Omega_C + \Omega_0 + \Delta\Omega_{\text{СПВ}}}{\Omega_0 + \Delta\Omega_{\text{СПВ}}}$$

$$\text{X.X.: } \Delta\Omega_{\text{СПВ}} = 0 \quad \Omega_C = \Omega_0$$

$$t_{\text{ТПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln 2$$

Примеры расчета:

$$1) P_{\text{H}} = 4 \text{ кВт}, U_{\text{H}} = 220 \text{ В}, I_{\text{H}} = 20 \text{ А}, R_{\text{а}} = 0.5 \text{ Ом}, R_{\text{н}} = 5 \text{ Ом},$$

$$T_{\text{M}} = 0.04 \text{ с.}$$

$$t_{\text{ТПВ}} = ? \quad R_{\text{ПВ}} = ?$$

$$R_{\text{ПВ}} = R_{\text{а}} + R_{\text{н}} = 0.5 + 5 = 5.5 \text{ Ом};$$

$$T_{\text{МПВ}} = T_{\text{M}} \cdot \frac{(R_{\text{а}} + R_{\text{н}} + R_{\text{ПВ}})}{R_{\text{а}}} = 0.04 \cdot \frac{0.5 + 5 + 5.5}{0.5} = 0.88 \text{ с.}$$

$$t_{\text{ТПВ}} \text{ при } M_{\text{C}} = 0:$$

$$t_{\text{ТПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln 2 = 0.88 \cdot 0.7 = 0.61 \text{ с};$$

$$t_{\text{ТПВ}} \text{ при } M_{\text{C}} = 0.5 \cdot M_{\text{H}}:$$

$$t_{\text{ТПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln \frac{I_{\text{ПВ}} + I_{\text{C}}}{I_2^1 + I_{\text{C}}}.$$

Пусть

$$I_{\text{ПВ}} = 2 \cdot I_{\text{H}}$$

$$I_2^1 = I_{\text{H}}$$

$$I_{\text{C}} = 0.5 \cdot I_{\text{H}}$$

$$t_{\text{ТПВ}} = 0.88 \cdot \ln \frac{(2 + 0.5) \cdot I_{\text{H}}}{(1 + 0.5) \cdot I_{\text{H}}} = 0.45 \text{ с.}$$

Мс	0	0.5·Мн	Мн
tп	1.17	—	—
tдт	1.32	0.71	0.48
tпв	0.61	0.45	0.356

$$2) P_H = 1 \text{ кВт}, U_H = 220 \text{ В}, I_H = 6 \text{ А}, R_a = 4.44 \text{ Ом}, R_{\Pi} = 13.9 \text{ Ом},$$

$$T_M = 0.04 \text{ с.}$$

$$t_{\text{ПВ}} = ? \quad R_{\text{ПВ}} = ?$$

$$R_{\text{ПВ}} = R_a + R_{\Pi} = 4.44 + 13.9 = 18.34 \text{ Ом};$$

$$T_{\text{МПВ}} = T_M \frac{(R_a + R_{\Pi} + R_{\text{ПВ}})}{R_a} = 0.04 \cdot \frac{4.44 + 13.9 + 18.34}{4.44} = 0.33 \text{ с.}$$

$$t_{\text{ПВ}} \text{ при } M_C = 0:$$

$$t_{\text{ПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln 2 = 0.33 \cdot 0.7 = 0.23 \text{ с};$$

$$t_{\text{ПВ}} \text{ при } M_C = 0.5 \cdot M_H:$$

$$t_{\text{ПВ}} = T_{\text{МПВ}} \cdot \ln \frac{I_{\text{ПВ}} + I_C}{I_2' + I_C}.$$

Пусть

$$I_{\text{ПВ}} = 2 \cdot I_H$$

$$I_2' = I_H$$

$$I_C = 0.5 \cdot I_H$$

$$t_{\text{ПВ}} = 0.33 \cdot \ln \frac{(2 + 0.5) \cdot I_H}{(1 + 0.5) \cdot I_H} = 0.17 \text{ с.}$$

M_C	0	$0.5 \cdot M_H$	M_H
t_{Π}	0.36	—	—
$t_{\text{ДТ}}$	0.51	0.27	0.185
$t_{\text{ПВ}}$	0.23	0.17	0.133

Критерии оценки:

Характеристика выполнения практического задания	Количество набранных баллов
Верное решение задачи.	10
Неверное решение задачи.	0
Характеристика ответа на теоретические вопросы	Количество набранных баллов
Поставленные вопросы раскрыты полностью, для пояснения приведены рисунки, схемы, графики, расчетные формулы, верно указаны единицы измерения; в ответе используется специальная терминология и показаны знания, освоенные студентом самостоятельно при изучении современных периодических изданий по дисциплине, ответ структурирован и логичен. Показана совокупность осознанных знаний по дисциплине с учетом междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	18-20
Поставленные вопросы раскрыты полностью, для пояснения приведены рисунки, схемы, графики, расчетные формулы, верно указаны единицы измерения; в ответе используется специальная терминология. Ответ структурирован и логичен. Могут быть допущены 2-3 незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.	12-17
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика	8-11

<p>и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент затрудняется привести поясняющие формулы, схемы, рисунки и графики, путает единицы измерения величин.</p>	
<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Студент не осознает связь обсуждаемых вопросов по билету с другими объектами дисциплины. В ответе отсутствуют поясняющие формулы, схемы, рисунки и графики, специальная терминология. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента</p> <p><i>или</i></p> <p>ответ на вопрос полностью отсутствует</p> <p><i>или</i></p> <p>отказ от ответа.</p>	0