

Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Рукович Александр Владимирович
 Должность: Директор
 Дата подписания: 29.11.2021 12:14:31
 Уникальный программный ключ:
 f45eb7c44954caac05ea7d4f32eb8d7d6b3cb96ae6d9b4bda094afddaffb705f

Министерство образования и науки 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

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.06.05 Система управления электроприводов

для программы бакалавриата
 по направлению подготовки

13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Направленность программы: Электропривод и автоматика
 Форма обучения: заочная

Автор: Шабо К.Я., к.т.н., доцент кафедры ЭПиАПП, e-mail: kamilshabo@rambler.ru

<p>РЕКОМЕНДОВАНО Представитель кафедры ЭПиАПП <u>Шабо К.Я.</u> М.А. Новикова Заведующий кафедрой ЭПиАПП <u>Шабо К.Я.</u> В.Р. Киушкина протокол № <u>12</u> от «<u>28</u>» <u>04</u> 2017 г.</p>	<p>ОДОБРЕНО Представитель кафедры ЭПиАПП <u>Шабо К.Я.</u> М.А. Новикова Заведующий кафедрой ЭПиАПП <u>Шабо К.Я.</u> В.Р. Киушкина протокол № <u>12</u> от «<u>28</u>» <u>04</u> 2017 г.</p>	<p>ПРОВЕРЕНО Нормоконтроль в составе ОПОП пройден Специалист УМО <u>Шабо К.Я.</u> /С.Р. Санникова «<u>03</u>» <u>05</u> 2017 г.</p>
<p>Рекомендовано к утверждению в составе ОП Председатель УМС <u>Шабо К.Я.</u> / Л.А. Яковлева протокол УМС № <u>3</u> от «<u>04</u>» <u>05</u> 2017 г.</p>		<p>Зав. библиотекой <u>Шабо К.Я.</u> / И.С. Гошанская «<u>03</u>» <u>05</u> 2017 г.</p>

Нерюнгри 2017

1. АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
Б1.В.06.05 Системы управления электроприводов
Трудоемкость 6 з.е.

1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины

1. Изучение принципов построения систем управления и способов реализации законов управления движением электроприводов постоянного и переменного тока.

2. Формирование навыков исследования, расчета и проектирования СУЭП с учетом влияния специфических особенностей применяемых элементов систем автоматики и характеристик объектов управления.

3. Сформировать базовые знания, позволяющие четко классифицировать ЭП по роду тока, по степени управляемости, разомкнутыми или замкнутыми (различающиеся по принципу построения), по видам управления, по способу организации, по уровню адаптации, по принципу построения; определять их область применения; осуществлять их математическое описание; проводить анализ и синтез соответствующих систем ЭП с требуемыми качественными и количественными показателями его управляемых и регулируемых координат; синтезировать различными способами оптимальные системы управления.

Краткое содержание дисциплины: Научить использованию полученных знаний при их конкретной реализации во всех их аспектах: определять классификационное место рассматриваемых систем ЭП; описывать их соответствующими математическими соотношениями и осуществлять их решение и анализ; уметь формулировать и ставить проблемы и задачи и осуществлять с необходимой полнотой и глубиной проведение связанных с этим процессов анализа и синтеза; обеспечивать прикладную реализацию теоретических положений курса.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3: способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования; ПК-5: готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;	Знать: Принципы построения различных СУЭП; закономерности формирования статических и динамических характеристик электропривода; методы создания СУЭП для различных условий эксплуатации. Уметь: Составлять математическую модель электропривода и производить ее анализ; выполнять синтез СУЭП исходя из требований, накладываемых объектом управления; выбирать элементную базу автоматизированного электропривода. Владеть: Навыками составления технического задания на проектирование автоматизированного электропривода; выполнять математическое описание сложных электротехнических объектов; навыками проектирования силовой части и системы управления

ПК-7: готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.	электропривода общепромышленных механизмов; расчетов нагрузочных диаграмм, статических, динамических характеристик различных электроприводов; определения энергетических и технических показателей работы электроприводов.
---	--

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Индекс	Наименование дисциплины	Семестр изучения	Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик	
			на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.В.06.05	Системы управления электроприводов.	5	Б1.В.06.01 Элементы систем автоматики. Б1.В.06.03 Электропривод общепромышленных механизмов.	Б3.Б.01(Д) Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

1.4. Язык преподавания: русский.

2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Выписка из учебного плана (гр. 3-БА-ЭП-17(5)):

Код и название дисциплины по учебному плану	Б1.В.06.05 Системы управления электроприводов.	
Курс изучения	5	
Семестр(ы) изучения	2,3	
Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Экзамен	
Расчетно-графическая работа, семестр выполнения	5	
Трудоемкость (в ЗЕТ)	6 ЗЕТ	
Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:	216	
№1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах:	Объем аудиторной работы, в часах	В т.ч. с применением ДОТ или ЭО ¹ , в часах
Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):	27	-
1.1. Занятия лекционного типа (лекции)	8+2	-
1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:	-	-
- семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.)	4	-
- лабораторные работы	4	-
- практикумы	-	-
1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)	9	-
№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)	180	
№3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)	9	

¹Указывается, если в аннотации образовательной программы по позиции «Сведения о применении дистанционных технологий и электронного обучения» указан ответ «да».

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

Раздел	Всего часов	Контактная работа, в часах									Часы СРС
		Лекции	из них с применением ЭО и ДОТ	Семинары (практические занятия, коллоквиумы)	из них с применением ЭО и ДОТ	Лабораторные работы	из них с применением ЭО и ДОТ	Практикумы	из них с применением ЭО и ДОТ	КСР (консультации)	
Введение. Функции СУЭП.	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Принципы управления ЭП.	35	4	-	1	-	-	-	-	-	1	9 (ЛР) 20(РГР)
Типовые релейно-контакторные схемы	33	-	-	1	-	2	-	-	-	-	30(ЛР)
Регулируемый ЭП постоянного тока.	39	-	-	1	-	-	-	-	-	8	30
Регулируемый ЭП переменного тока.	36	4	-	-	-	2	-	-	-	-	30
СУЭП специального назначения.	39	2	-	1	-	-	-	-	-	-	36
Экзамен	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Всего часов за 5 семестр	216	10	-	4	-	4	-	-	-	9	180(9)

Примечание: ЛР-подготовка к лабораторным занятиям, РГР – выполнение расчетно-графической работы.

3.2. Содержание тем программы дисциплины

Тема 1. Введение. Функции СУЭП.

Понятие о системах управления электроприводов. Классификация систем управления электроприводов. Показатели качества управления электроприводов.

Тема 2. Принципы управления ЭП.

Разомкнутые и замкнутые СУЭП; обратные связи; дискретные системы управления в функции времени, скорости тока, пути; расчет установок реле и защиты.

Тема 3. Типовые релейно-контакторные схемы.

Общие сведения об электроприводах с управлением по жесткой программе. Релейно-контакторные СУЭП. Релейно-контакторные СУЭП: функции релейно-контакторных систем управления; принципы построения СУЭП на релейноконтактной аппаратуре; сравнительная оценка принципов.

Тема 4. Регулируемый ЭП постоянного тока.

Типовые схемы СУЭП, режимы и электромеханические процессы в типовых СУЭП, реверсивные СУЭП, импульсное регулирование СУЭП, методы анализа и синтеза СУЭП (в том числе модальные).

Тема 5. Регулируемый ЭП переменного тока.

Типовые схемы, режимы и электромеханические процессы, методы анализа и синтеза СУЭП; системы с частотно-токовым управлением.

Тема 6. СУЭП специального назначения.

Управление положением и следящие электроприводы: задачи позиционирования и слежения, требования к электроприводам; типовые узлы систем управления позиционным электроприводом постоянного и переменного тока; структурные схемы и основные элементы следящего электропривода; статические и динамические характеристики; способы повышения точности.

3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии

Для изучения дисциплины предусмотрены следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, расчетно-графические задания, самостоятельная работа студентов, индивидуальные и групповые консультации.

В процессе преподавания дисциплины специальные интерактивные технологии не предусмотрены.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы² обучающихся по дисциплине Содержание СРС

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид СРС	Трудо-емкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Введение. Функции СУЭП.	Выполнение РГР	25	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)

² Самостоятельная работа студента может быть внеаудиторной (выполняется студентом самостоятельно без участия преподавателя – например, подготовка конспектов, выполнение письменных работ и др.) и аудиторной (выполняется студентом в аудитории самостоятельно под руководством преподавателя – например, лабораторная или практическая работа).

2	Принципы управления ЭП.	Выполнение РГР	40	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
3	Типовые релейно-контакторные схемы.	Выполнение РГР	30	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
4	Регулируемый ЭП постоянного тока.	Выполнение РГР	30	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
5	Регулируемый ЭП переменного тока.	Выполнение РГР	30	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
6	СУЭП специального назначения.	Выполнение РГР	36	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
	Всего часов		191	

Лабораторные работы или лабораторные практикумы

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Лабораторная работа или лабораторный практикум	Трудоемкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Типовые релейно-контакторные схемы	Исследование релейно-контакторной защиты электроприводов.	2	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
2	Регулируемый ЭП переменного тока.	Разработка принципиальной схемы управления системой электропривода и ее описание.	2	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
	Всего часов		4	

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 на лабораторном занятии, - 16 баллов в 5 семестре.

Примеры тестовых заданий

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 периметра 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%	15б
81% - 90%	13 б.
71% - 80%	11 б.
61% - 70%	9 б.
51% - 60%	6 б.
<50%	0

Расчетно-графическая работа

- Исходные данные к РГР

Наименование	Обозначение	Величина
Момент инерции механизма в долях от момента инерции двигателя	$\frac{J_{\text{мех}}}{J_{\text{дв}}}$	2,5
Изменение момента статической нагрузки в долях от номинального	$\frac{M_c}{M_n}$	0,67
Колебания напряжения сети	$\Delta U_c, \%$	10
Диапазон регулирования скорости вниз от номинальной	$D_1 = \frac{n_n}{n_{\text{мин}}}$	120
Диапазон регулирования скорости вверх от номинальной	$D_2 = \frac{n_{\text{макс}}}{n_n}$	2,5
Допустимая статическая ошибка поддержания скорости при минимальной	$\Delta_{\text{зад}} = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega_{\text{мин}}}$	0,15

установке		
Величина токоограничения при упоре	$D_2 = \frac{n_{\max}}{n_H}$	2
Допустимое ускорение		250

- Технические данные двигателя 4ПФ132S

Наименование	Размерность	Значение
Номинальная мощность, P_H	кВт	15
Номинальная угловая скорость вала, n_H	об/мин	1400
Максимальная угловая вала, n_{\max}	Об/мин	4500
Номинальный ток якоря, I_H	А	87,5
Сопротивление якорной цепи	Ом	0,278
Индуктивность якорной цепи	Гн	0,00515
Сопротивление обмотки возбуждения	Ом	58,4
Индуктивность обмотки возбуждения	Гн	6,03
Момент инерции двигателя	кг · м ²	0,095
КПД	%	77,9
Напряжение на якоре	В	220

4ПФ132S – четвертая серия приводов механизмы, которых предназначены для станков с числовым программным управлением.

П – постоянного тока

132 – высота оси вращения

S – условная длина сердечника якоря

УХЛ4 – умеренный или холодный климат

Рассчитать:

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ.
2. ВЫБОР СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ
3. ВЫБОР КОМПЛЕКТНОГО ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОД
4. РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЧАСТИ ЭП
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
6. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ

7. ПОСТРОЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗОМКНУТОЙ И ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
8. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ
9. ВЫБОР ЗАЩИТ И РАСЧЕТ ИХ УСТАВОК

Критерии оценки расчетно-графической работы:

25 (в 5 семестре) баллов выставляется за 100% выполненную работу, в которой отсутствуют фактические ошибки. 22 баллов - за работу, в которой допущена 1 фактическая ошибка. 18 баллов – за работу, в которой допущены 2 ошибки. 16 баллов – за работу с 3 ошибками. 12 баллов – за работу с 4 ошибками. Работа, выполненная более чем с 4 ошибками, не оценивается.

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для помощи обучающимся в успешном освоении дисциплины в соответствии с запланированными видами учебной и самостоятельной работы обучающихся:

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Количество экземпляров в библиотеке СВФУ
1	Чепайкина Т.А. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу «Теория электропривода» Нерюнгри, ТИ (ф) ЯГУ, 2010		
2	Шабо К.Я., Киушкина В.Р., Стефанов В.К. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине: «Системы управления электроприводами». Нерюнгри, ТИ (ф) ЯГУ, 2015г.		

Методические указания размещены в СДО Moodle: <http://moodle.nfygu.ru>

Балльно-рейтинговая система

Распределение времени на СРС и баллов при контроле успеваемости

№	Испытания / формы СРС	Время на подготовку / выполнение, час.	Баллы	Примечание
1	Расчетно-графическая работа	41	25	Защита РГР 100%
2	Тестирование	50	15	АСТ тест
3	Подготовка и выполнение лабораторных работ.	50	16	2 лабораторных работ
4	Выполнение практических работ	50	14	2 практических заданий
5	Экзамен	9	30	30 вопросов
	Итого:	191(9)	100	

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

Коды оцениваемых	Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)	Уровни	Критерии оценивания (дескрипторы)	Оценка
------------------	--------------------------------------	--------	-----------------------------------	--------

компетенций		освоен ия		
<p>ПК-3: способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования;</p> <p>ПК-5: готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;</p> <p>ПК-7: готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.</p>	<p>Знать: Принципы построения различных СУЭП; закономерности формирования статических и динамических характеристик электропривода; методы создания СУЭП для различных условий эксплуатации.</p> <p>Уметь: Составлять математическую модель электропривода и производить ее анализ; выполнять синтез СУЭП исходя из требований, накладываемых объектом управления; выбирать элементную базу автоматизированного электропривода.</p> <p>Владеть: Навыками составления технического задания на проектирование автоматизированного электропривода; выполнять математическое описание сложных электротехнических объектов; навыками проектирования силовой части и системы управления электропривода общепромышленных механизмов; расчетов нагрузочных диаграмм, статических, динамических характеристик различных электроприводов;</p>	Высокий	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, 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 полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. В лабораторном задании может быть допущена 1 фактическая ошибка.</p>	отлично
		Базовый	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. В лабораторном задании могут быть допущены 2-3 фактические ошибки.</p>	хорошо
		Минимальный	<p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый</p>	удовлетворительно

	определения энергетических и технических показателей работы электроприводов. (ПК-3, ПК-5, ПК-7).	ый	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. В лабораторном задании могут быть допущены 4-5 фактических ошибок.	ритель но
		Не освоен ы	Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. В лабораторном задании допущено более 5 фактических ошибок. <i>или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует <i>или</i> Отказ от ответа	неудов летво ритель но

6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

Экзамен по «Системы управления электроприводов», 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:

1.1 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.

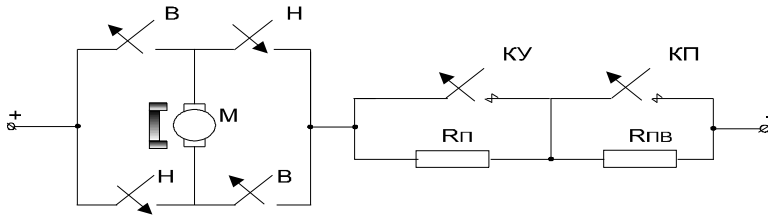


Рисунок 1

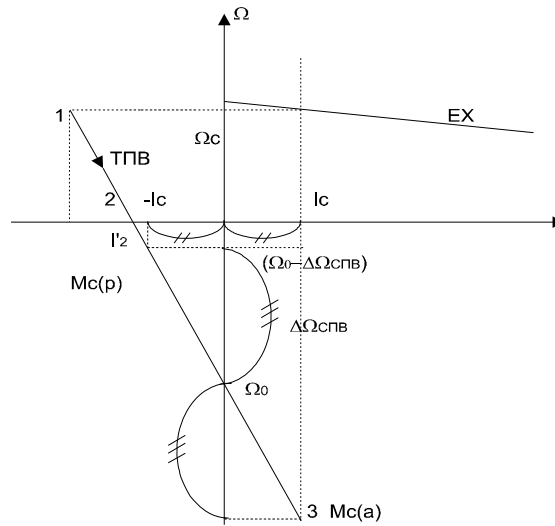


Рисунок 2

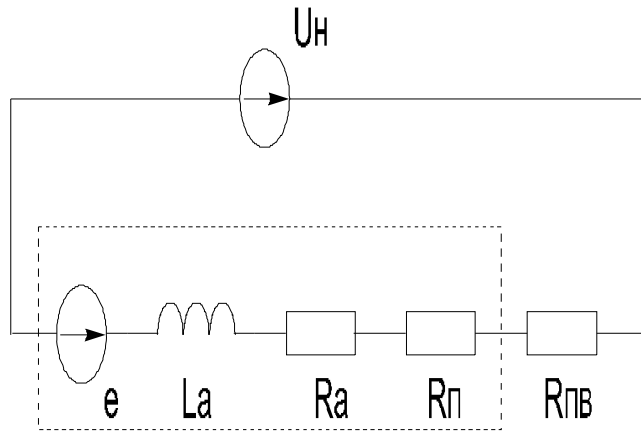


рисунок 3

$i_{пв}$ – 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.

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

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

$$\Omega^t + \frac{C_e \cdot C_M \cdot \Phi_H^2}{J \cdot (R_a + R_{\Pi} + R_{ПВ})} \cdot \Omega + \frac{I_C \cdot (R_a + R_{\Pi} + R_{ПВ}) \cdot C_M \cdot \Phi_H}{J \cdot (R_a + R_{\Pi} + R_{ПВ})} \cdot \frac{C_e \cdot \Phi_H}{C_e \cdot \Phi_H} +$$

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

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

$$T_{МПВ} \approx 20 \cdot T_M \cdot$$

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

$$\Omega^t + \frac{1}{T_{МПВ}} \cdot \Omega - \frac{1}{T_{МПВ}} \cdot \Delta \Omega_{СПВ} + \frac{1}{T_{МПВ}} \cdot \Omega_0 = 0$$

$$\Omega = \Omega_Y + \Omega_{св}$$

Ω_Y при $\Omega^t = 0$:

$\Omega_Y = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ})$ — для 3-ей точки, для активного момента на валу.

$$\Omega_{св} = A_{ПВ} e^{-t/T_{МПВ}};$$

$$\Omega = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ}) + A_{ПВ} e^{-t/T_{МПВ}}$$

$$A_{ПВ} = ?$$

$$t = 0; \quad \Omega = \Omega_C = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ}) + A_{ПВ} e^{-t/T_{МПВ}}$$

$$A_{ПВ} = \Omega_C + \Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ}$$

$$\Omega = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ}) + (\Omega_C + \Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ})$$

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

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

Выражение для тока

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

$$\Omega = -(\Omega_0 + \Delta \Omega_{СПВ}) + A_{ПВ} e^{-t/T_{МПВ}};$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{T_{МПВ}} A_{ПВ} e^{-t/T_{МПВ}};$$

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

$$A_{ПВ} = ?$$

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

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

$$-I_{\text{ПВ}} = \frac{J \cdot A_{\text{ПВ}}}{C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{\text{МПВ}}} + I_C$$

$$A_{\text{ПВ}} = \frac{(I_{\text{ПВ}} + I_C) \cdot C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{\text{МПВ}}}{J}$$

$$i = \frac{J \cdot (I_{\text{ПВ}} + I_C) \cdot C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{\text{МПВ}}}{C_M \cdot \Phi_H \cdot T_{\text{МПВ}} \cdot J} \cdot e^{-t/T_{\text{МПВ}}} + I_C$$

$$i = I_C - (I_{\text{ПВ}} + I_C) \cdot e^{-t/T_{\text{МПВ}}}$$

Х.Х. $I_C = 0$ $I_{\text{ПВ}} = I_{\text{ПВMax}}$

$$i = -I_{\text{ПВMax}} \cdot e^{-t/T_{\text{МПВ}}}$$

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

Время торможения противовключением

$$t_{\text{ТПВ}} = ?$$

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

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

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

Х.Х.: $I_C = 0$ $I_{\text{ПВ}} = I_{\text{ПВMAX}}$

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

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

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

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

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

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

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

Примеры расчета:

1) $P_H = 4$ кВт, $U_H = 220$ В, $I_H = 20$ А, $R_a = 0.5$ Ом, $R_{\text{н}} = 5$ Ом,
 $T_M = 0.04$ с.

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

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

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

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

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

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

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

Пусть

$$I_{\text{ПВ}} = 2 \cdot I_H$$

$$I_2^1 = I_H$$

$$I_C = 0.5 \cdot I_H$$

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

M_C	0	$0.5 \cdot M_H$	M_H
$t_{\text{П}}$	1.17	—	—
$t_{\text{ДТ}}$	1.32	0.71	0.48
$t_{\text{ПВ}}$	0.61	0.45	0.356

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

$$T_M = 0.04 \text{ с.}$$

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

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

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

$t_{\text{ПВ}}$ при $M_C = 0$:

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

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

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

Пусть

$$I_{\text{ПВ}} = 2 \cdot I_H$$

$$I_2^1 = I_H$$

$$I_C = 0.5 \cdot I_H$$

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

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

Критерии оценки:

Компетенции	Характеристика выполнения практического задания	Количе
-------------	---	--------

		ство набранных баллов
	Верное решение задачи.	10
	Неверное решение задачи.	0
Компетенции	Характеристика ответа на теоретические вопросы	Количество набранных баллов
ПК-3, ПК-5, , ПК-7	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 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.	8-11
	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 <i>или</i> ответ на вопрос полностью отсутствует <i>или</i> отказ от ответа.	0

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Характеристики процедуры	
Вид процедуры	экзамен

Цель процедуры	выявить степень сформированности компетенции ПК-3, ПК-5.
Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры	Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 2.0, утверждено ректором СВФУ 15.03.2016 г. Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.
Субъекты, на которых направлена процедура	студенты 3 курса бакалавриата ВПО
Период проведения процедуры	земная экзаменационная сессия
Требования к помещениям и материально-техническим средствам	-
Требования к банку оценочных средств	-
Описание проведения процедуры	Экзамен принимается в устной форме по билетам. Экзаменационный билет по дисциплине включает два теоретических вопроса. Время на подготовку – 0,5 астрономических часа.
Шкалы оценивания результатов	Шкала оценивания результатов приведена в п. Рейтинговый регламент по дисциплине РПД.
Результаты процедуры	В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины³

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Количество экземпляров в библиотеке СВФУ
Основная литература			
1	Епифанов А.П./ Электропривод. /Электронный ресурс/ А.П.Епифанов, Л.М. Малайчук, А.Г. Гушинский - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2012. - 400 с.		http://www.e.lanbook.com/book/3812
Дополнительная литература			
2	Электропривод производственных механисмов. Никитенко Г.В. Уч. Пособие Изд. Лань. 2013. 208 с. http://www.e.lanbook.com		
3	Терехов, В.М., Осипов, О.И. Системы управления электроприводов./Учебник для вузов. 301с. М.: Академия.- 2008		
4	Панкратов В.В. Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Панкратов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 200 с.		http://www.iprbookshop.ru/45357.html
5	Кацман М.М. Электрический привод. Москва. Академия. 2005		
6	Соловьев, В.А. Землянская Е.Н. Системы управления электроприводами/ Лабораторный практикум. Утв. в кач.лабораторного практикума Учёным советом ФГБОУ ВПО "Комсомольский-на-Амуре гос.техн.ун-т". 93с. Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2015		
7	Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу. Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. Уч. Пособие .Изд. Лань, 2012 г. 368 с. http://www.e.lanbook.com		
Периодические издания			
10	"Электричество"		
	"Новые технологии"		
12	"Надежность и контроль качества"		

³ Для удобства проведения ежегодного обновления перечня основной и дополнительной учебной литературы рекомендуется размещать раздел 7 на отдельном листе, с обязательной отметкой в Учебной библиотеке.

13	"Промышленная энергетика"		
14	"Реферативный журнал. Энергетика и электротехника"		

Интернет-ресурсы

№	Наименование интернет-ресурса	Автор, разработчики	Формат документа (pdf, Doc, rtf, djvu, zip, rar)	Тип интернет - ресурса	Ссылка (URL) на интернет-ресурс
1	Справочник электрика и энергетика				http://www.elecab.ru/history.shtml

8. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины (помещение и оборудование)

№ п/п	Наименование темы	Виды учебной работы (лекция, практич. занятия, семинары, лаборат. раб.)	Объем часов	Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр.	Перечень основного оборудования (в т.ч. аудио-, видео-, графическое сопровождение)
1	Лекционные занятия	лекция	4	A503	DVD, кодоскоп
2	Практические занятия	практика	2	A503	DVD, кодоскоп
3	Лабораторные занятия	лаб. раб	2	A503	Лабораторные стенды
5	Тесты	тесты	-	A503	Комп. класс

Лабораторный стенд «Электрический привод» А 503 УАК.

В таблице указывается только характер изменений (например, изменение темы, списка источников по теме или темам, средств промежуточного контроля) с указанием пунктов рабочей программы. Само содержание изменений оформляется приложением по сквозной нумерации.