

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор


(подпись)

« 31 » 03

2023 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.09 Теория автоматического управления**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль): Электропривод и автоматика
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная, очно-заочная
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Очно-заочная
Семестр(ы)	5, 6	6, 7
Общая трудоёмкость в з.е./часах	8,5/306	8,5/306
Контактная работа (час.), в том числе:	129	80
лекции (час.)	51	32
лабораторные работы (час.)	68	34
практические (семинарские) занятия (час.)	-	
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	105	154
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	6/27	6/27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 36 / экзамен, 36	экзамен, 36 / экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Теория автоматического управления» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) – «Электропривод и автоматика» для 2023 года приёма по очной и очно-заочной формам обучения.

Составитель:

Заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок»,

к.т.н., доцент

(подпись) Розкаряка П.И.

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «07» 03 2023 года № 9.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) Розкаряка П.И.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от «23» 03 2023 года № 3

Председатель _____
(подпись) Ткаченко С.Н.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает принципы функционирования современных систем управления и особенности протекающих в них процессов, методы анализа и синтеза систем автоматического управления.

Цель дисциплины: формирование у студентов теоретической базы по современным методам анализа и синтеза систем автоматического управления, которая позволит им решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с математическим описанием, моделированием, анализом, проектированием, разработкой, испытаниями, наладкой и эксплуатацией современных систем автоматического управления.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- *знать* принцип действия современных систем управления и особенности протекающих в них процессов, методы исследования устойчивости, точности и качества переходных процессов, методы синтеза параметров и корректирующих звеньев;

- *уметь* использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем; построения их характеристик и моделирования; использовать полученные знания при решении практических задач по расчету, анализу устойчивости, качества, синтезу систем управления;

- *владеть* методиками оценки устойчивости и качества систем управления; методиками синтеза систем автоматического управления; навыками анализа статических и динамических свойств систем автоматического управления.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-1);

- готовностью обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования (ПК-7).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: высшая математика, информатика, теория электропривода, теоретические основы электротехники, электрические машины, специальные разделы математики, современные пакеты прикладных программ.

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсовой работы по дисциплинам

«Моделирование электромеханических систем», «Системы управления электроприводом», изучении последующих дисциплин – «Промышленные системы управления», «Моделирование электромеханических систем», «Системы управления электроприводом», «Моделирование и имитация мехатронных систем», «Специальные электроприводы и автоматизация технологических комплексов», прохождении государственной итоговой аттестации и в дальнейшей инженерной деятельности.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Лабор	Практ. (Семина.).	СР
Тема 1. Введение. Предмет теории автоматического управления	8/9	4/3	0	0	4/6
Тема 2. Линеаризация динамических САР	8/7	2/1	4/2	0	2/4
Тема 3. Передаточные функции САР	16/14	2/2	8/4	0	6/8
Тема 4. Алгебра передаточных функций	16/16	2/2	8/4	0	6/10
Тема 5. Временные характеристики САР	6/7	2/1	0	0	4/6
Тема 6. Свободные и устойчивые процессы в САР	4/5	2/1	0	0	2/4
Тема 7. Частотные и логарифмические частотные характеристики САР	8/7	4/2	2/1	0	2/4
Тема 8. Типовые звенья	16/14	4/3	6/3	0	6/8
Тема 9. Построение логарифмических частотных характеристик САР	10/8	2/1	6/3	0	2/4
Тема 10. Статические и астатические САР	8/9	2/2	2/1	0	4/6
Тема 11. Отработка статическими и астатической САР управляющего и возмущающего воздействий	6/6	2/1	2/1	0	2/4
Тема 12. Понятие об устойчивости систем автоматического	6/8	2/2	0	0	4/6

регулирования					
Тема 13. Критерий устойчивости Гурвица	8/7	2/1	4/2	0	2/4
Тема 14. Критерий устойчивости Найквиста	8/8	2/1	2/1	0	4/6
Тема 15. Точность работы САР	8/8	2/1	2/1	0	4/6
Тема 16. Качество переходных процессов в САР	6/6	2/1	2/1	0	2/4
Тема 17. Частотные показатели качества переходных процессов	6/7	2/1	0	0	4/6
Тема 18. Синтез САР с последовательной и параллельной коррекцией	10/10	2/1	6/3	0	2/6
Тема 19. Вопросы технической реализации корректирующих звеньев	8/8	2/1	4/2	0	2/5
Тема 20. Настройка контуров и их оптимизация. Общие принципы построения и синтеза систем подчиненного регулирования	15/13	3/2	6/3	0	6/8
Тема 21. Инвариантные САР	8/8	2/1	2/1	0	4/6
Тема 22. Синтез систем модального управления	8/8	2/1	2/1	0	4/6
Контактная работа (дополнительная)	10/14				
Курсовая работа (проект)	27				27/27
Итого по видам занятий	234	51/32	68/34		105/154
Контроль	72/72				
ИТОГО:	306				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-1	Темы 1-22
ПК-7	Темы 1-22

3.2 Лекции

Тема 1. Введение. Предмет теории автоматического управления.

Содержание темы 1: Предмет теории автоматического управления (ТАУ). Задачи курса. Понятие об объектах управления. Классификация объектов управления. Понятие о регулировании, регулятор, регулируемый размер, воздействие, ошибка. Основные принципы регулирования и управления: по отклонению, по возмущению, комбинированный принцип регулирования. Функциональные схемы систем автоматического регулирования (САР). Основные задачи автоматического управления и классификация САР в зависимости от выполнения задач. Понятие о непрерывных и импульсных САР. Понятие о линейных и нелинейных САР.

Литература к теме 1: [1, 2].

Тема 2. Линеаризация динамических САР.

Содержание темы 2: Математическое описание линейных САР. Понятие о линеаризации исходных уравнений САР. Алгоритм линеаризации. Уравнения статики и динамики. Геометрический смысл линеаризации.

Литература к теме 2: [1, 2].

Тема 3. Передаточные функции САР.

Содержание темы 3: Математический аппарат, применяемый в ТАУ. Математическое описание САР. Передаточная функция САР в операторной форме. Преобразование Лапласа. Передаточная функция САР в изображениях Лапласа. Связь между передаточными функциями и математическим описанием. Передаточные функции линейных САР.

Литература к теме 3: [1, 2].

Тема 4. Алгебра передаточных функций.

Содержание темы 4: Понятие о преобразовании структурных схем. Эквивалентные передаточные функции последовательного и параллельного соединения звеньев. Эквивалентная передаточная функция цепи, охваченной обратной связью. Правила переноса точек съема и приложения воздействий. Передаточные функции САР с несколькими входами и выходами. Параметры передаточных функций. Правило преобразования на основе принципа линейности.

Литература к теме 4: [1, 2].

Тема 5. Временные характеристики САР.

Содержание темы 5: Типовые воздействия, действующие на САР. Переходная и импульсная переходная (весовая) функции и характеристики САР, их связь с передаточной функцией.

Литература к теме 5: [1, 2].

Тема 6. Свободные и устойчивые процессы в САР.

Содержание темы 6: Общая характеристика процессов, протекающих в САР. Понятие об установившемся и свободном процессе. Реакция САР на скачкообразные и гармонические воздействия. Частотная передаточная функция. Частотная характеристика и правило ее построения.

Литература к теме 6: [1, 2].

Тема 7. Частотные и логарифмические частотные характеристики САР.

Содержание темы 7: Частотные и логарифмические частотные характеристики САР, их физический смысл. Амплитудная и фазовая частотные характеристики САР, их физический смысл. Переход к логарифмическим частотным характеристикам и правила их построения.

Литература к теме 7: [1, 2].

Тема 8. Типовые звенья.

Содержание темы 8: Математическое описание и вывод основных характеристик типовых звеньев: пропорциональное звено, интегрирующее, дифференцирующее, апериодическое, колебательное, форсирующие звенья 1-го и 2-го порядка, звено чистого запаздывания.

Литература к теме 8: [1, 2].

Тема 9. Построение логарифмических частотных характеристик САР.

Содержание темы 9: Математическое обоснование связи между логарифмическими частотными характеристиками отдельных звеньев и САР в целом. Правила построения асимптотических логарифмических частотных характеристик САР, состоящих из произвольной совокупности типовых звеньев.

Литература к теме 9: [1, 2].

Тема 10. Статические и астатические САР.

Содержание темы 10: Понятие о статических и астатических САР, порядок астатизму по управлению и возмущению. Системы точного отработки и обеспечения нужного порядка астатизма САР по управлению. Системы стабилизации и обеспечение астатизма САР по возмущению.

Литература к теме 10: [1, 2].

Тема 11. Отработка статическими и астатической САР управляющего и возмущающего воздействий.

Содержание темы 11: Передаточные функции статических и астатических по отношению к определенным воздействиям САР. Общая характеристика точности и характера протекания переходных процессов в статических и астатических САР.

Литература к теме 11: [1, 2].

Тема 12. Понятие об устойчивости систем автоматического регулирования.

Содержание темы 12: Понятие об устойчивости САР „в большом” и „малом”. Алгебраическая и геометрическая трактовки устойчивости. Связь устойчивости линейных систем с импульсной характеристикой и корнями характеристического уравнения. Основные теоремы Ляпунова и обоснование возможности рассуждений об устойчивости системы по линеаризованным уравнениям (линейной моделью системы).

Литература к теме 12: [1, 2].

Тема 13. Критерий устойчивости Гурвица.

Содержание темы 13: Обзор алгебраических критериев устойчивости. Формулировка критерия устойчивости Гурвица. Алгоритм исследования САР на устойчивость с помощью критерия Гурвица. Условия устойчивости.

Литература к теме 13: [1, 2].

Тема 14. Критерий устойчивости Найквиста.

Содержание темы 14: Обзор частотных критериев устойчивости. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Найквиста (общая формулировка). Правило переходов. Устойчивость статических и астатических систем. Логарифмический частотный критерий устойчивости. Запас устойчивости.

Литература к теме 14: [1, 2].

Тема 15. Точность работы САР.

Содержание темы 15: Точность работы САР в установившихся режимах. Коэффициенты ошибок и методы их определения. Статические характеристики САР. Статизм системы. Определение коэффициента усиления, необходимого для обеспечения заданного статизма.

Литература к теме 15: [1, 2].

Тема 16. Качество переходных процессов в САР.

Содержание темы 16: Процесс регулирования. Вид кривых переходного процесса. Основные показатели качества переходных процессов и их связь с точностью регулирования. Прямые методы оценки качества и построения кривой переходного процесса. Постановка задачи анализа качества переходных процессов при типичных действиях.

Литература к теме 16: [1, 2].

Тема 17. Частотные показатели качества переходных процессов.

Содержание темы 17: Частотный метод анализа качества переходного процесса. Взаимосвязь высокочастотной и низкочастотной характеристик с кривой переходного процесса. Оценка качества переходного процесса по логарифмическим частотным характеристикам с использованием номограмм. Приближенные оценки качества по ЛАЧХ.

Литература к теме 17: [1, 2].

Тема 18. Синтез САР с последовательной и параллельной коррекцией.

Содержание темы 18: Понятие о желаемой передаточной функции САР и желаемой ЛАЧХ. Понятие о САР с последовательной коррекцией. Алгоритм определения передаточной функции последовательного корректирующего звена. Ограничения при синтезе. Понятия о САУ с параллельной коррекцией. Определение передаточной функции параллельного корректирующего звена. Чувствительность САР с параллельной коррекцией к изменению параметров объекта регулирования. Основы инвариантности САР.

Литература к теме 18: [1, 2].

Тема 19. Вопросы технической реализации корректирующих звеньев.

Содержание темы 19: Обзор средств реализации корректирующих звеньев. Схемы аналоговой реализации корректирующих звеньев на базе операционных усилителей. Характеристики электрических цепей. Ограничения и традиционные решения при реализации. Типовые регуляторы и их схемы реализации.

Литература к теме 19: [1, 2].

Тема 20. Настройка контуров и их оптимизация. Общие принципы построения и синтеза систем подчиненного регулирования (СПР).

Содержание темы 20: Понятие об оптимизации систем. Алгоритм оптимизации систем на технический и симметричный оптимум. Оптимизация одноконтурных систем: частные задачи оптимизации и их решение. Понятие о подчиненном регулировании. Принцип построения СПР. Порядок синтеза СПР. Точность и качество переходных процессов в оптимизированных контурах регулирования. Оптимизация многоконтурных СПР. Понятие об однократно - и двукратно- интегрирующих СПР. Закономерности протекания переходных процессов в промышленных СПР. Точность СПР.

Литература к теме 20: [1, 2].

Тема 21. Инвариантные САР.

Содержание темы 21: Инвариантность систем по управляющему воздействию. Схема Щипанова. Ограничения для схемы Щипанова. Инвариантность систем по управляющему воздействию. Схема Мура. Комбинированное управление в электромеханических системах.

Литература к теме 21: [1, 2, 3].

Тема 22. Синтез систем модального управления.

Содержание темы 22: Понятие модального управления. Желаемое распределение полюсов передаточной функции замкнутой системы. Среднегеометрический корень. Распределение полюсов: биномиальное, Баттерворта. Порядок синтеза систем модального управления.

Литература к теме 22: [1, 3, 4].

3.3 Практические (семинарские) занятия

В учебном плане не запланировано.

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Лите- ратура
1	Математическое описание и передаточные функции элементов линейных непрерывных	4/2	[2, 6]

	САР		
2	Алгебра передаточных функций. Преобразование структурных схем САР	8/4	[2, 6]
3	Алгебра передаточных функций. Определение передаточной функции САР с применением правила Мейсона.	8/4	[2, 6]
4	Экспериментальные исследования характеристик типовых динамических звеньев	8/4	[2, 6]
5	Анализ соединений типовых звеньев	2/1	[2, 6]
6	Установившиеся ошибки и передаточные функции статических и астатических систем	4/2	[2, 6]
7	Устойчивость линейных замкнутых систем	6/3	[2, 6]
8	Оценка точности работы САР в установившихся режимах. Коэффициенты ошибок.	4/2	[2, 6]
9	Синтез желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики системы	6/3	[2, 6]
10	Синтез и техническая реализация САР с последовательной коррекцией	6/3	[2, 6]
11	Настройка контуров и их оптимизация	6/3	[2, 6]
12	Оптимизация многоконтурных систем	6/3	[2, 6]
ИТОГО:		68/34	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	38/62
2	Подготовка к практическим занятиям	0
3	Подготовка к лабораторным работам	40/65
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	27/27
6	Выполнение индивидуального задания	0
ИТОГО:		105/154

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Программой дисциплины предусмотрено выполнение студентами курсовой работы на тему «Синтез системы регулирования скорости электропривода» [8].

Целью курсовой работы является приобретение и закрепление навыков практического расчета и исследования систем автоматического управления электроприводами. В процессе работы углубляются знания, полученные в курсе «Теория автоматического управления» в части анализа и синтеза систем автоматического управления. В качестве объекта управления рассматривается двигатель постоянного тока независимого возбуждения с регулированием по цепи якоря. На примере этого объекта наиболее удобно изучать основные способы регулирова-

ния координат электропривода. В курсовой работе и при ее защите студент должен показать умение пользоваться теоретическим материалом курса для решения практических задач.

Курсовая работа выполняется в следующем объеме и в такой последовательности:

1. Математическое описание объекта управления и элементов системы автоматического управления.
2. Синтез одноконтурной системы управления электроприводом.
3. Синтез двухконтурной системы управления электроприводом.
4. Выполнение индивидуального задания.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны неполные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе;

- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Вопросы к экзамену:

1. Что такое линейная система автоматического регулирования. Приведите признаки и характеристики линейной системы.
2. Поясните сущность понятий «статическая система», «астатическая система», порядок астатизма. Приведите примеры таких систем из курса электрических машин.
3. Опишите и сравните принципы разомкнутого управления и управления с замкнутой обратной связью.
4. Опишите принцип работы системы с отрицательной обратной связью. Укажите достоинства и недостатки систем с отрицательными обратными связями.
5. Порядок астатизма САР по управляющему воздействию: признаки САР, ее характеристики.
6. Порядок астатизма САР по возмущающему воздействию: признаки САР, ее характеристики.
7. Передаточная функция форсирующего звена. Его переходная функция, ЛАЧХ, ЛФЧХ. Приведите пример этого звена из электротехники (механики).
8. Передаточная функция усилительного звена. Его переходная функция, ЛАЧХ, ЛФЧХ. Приведите пример этого звена из электротехники (механики).
9. Передаточная функция апериодического звена. Его переходная функция, ЛАЧХ, ЛФЧХ. Приведите пример этого звена из электротехники.
10. Передаточная функция колебательного звена. Его переходная функция, ЛАЧХ, ЛФЧХ. Приведите пример этого звена из электротехники (механики).
11. Передаточная функция интегрирующего звена. Его переходная функция, ЛАЧХ, ЛФЧХ. Приведите пример этого звена из электротехники.
12. Поясните сущность понятия «запас устойчивости»? Как определить запас устойчивости САР, если известны ее какие-либо характеристики?
13. По изображенной экспериментальной ЛАЧХ системы необходимо восстановить ее передаточную функцию.
14. Охарактеризуйте понятие «воздействие». В чем разница между управляющим и возмущающим воздействием. Какие типовые воздействия вам известны. Приведите их математическое описание. Какова связь между типовыми воздействиями?
15. Что такое устойчивость системы? Дайте алгебраическую трактовку устойчивости.
16. Что такое устойчивость системы? Дайте геометрическую трактовку устойчивости.
17. Пользуясь критерием Гурвица, определить, будет ли устойчивой замкнутая САР, если задана передаточная функция разомкнутой САР.
18. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
19. Сформулируйте логарифмический частотный критерий устойчивости.
20. Приведите классификацию систем автоматического регулирования, и поясните их особенности.
21. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.
22. Поясните общий принцип синтеза регуляторов (последовательная коррекция).

23. Реализация регуляторов и корректирующих звеньев на операционных усилителях. Передаточная функция операционного усилителя.
24. Частотные показатели качества переходных процессов.
25. Показатели качества переходного процесса.
26. Взаимосвязь ЛАЧХ разомкнутой системы с характером переходного процесса в замкнутой системе.
27. Комбинированное управление по управляющему и по возмущающему воздействиям.
28. Оценка точности работы САР в установившихся режимах. Коэффициенты ошибок.
29. Исследовать устойчивость системы автоматического регулирования с помощью логарифмических амплитудных и фазовых частотных характеристик, если задана передаточная функция разомкнутой системы.
30. Оптимизация СПР по модульному оптимуму. Объект регулирования содержит только одну малую постоянную времени.
31. Оптимизация СПР по модульному оптимуму. Объект содержит одну большую и одну малую постоянные времени.
32. Принцип построения систем подчиненного регулирования.
33. Оптимизация двукратноинтегрирующих СПР. Симметричный оптимум.
34. Инвариантность систем по управляющему воздействию.
35. Комбинированное управление в электромеханических системах. Реализация комбинированного управления в системе подчиненного регулирования скорости при формировании задания от ЗИ (использование первой и второй производных). Структурная схема. Основные соотношения и ПФ.
36. Структурная схема ДПТ при питании от тиристорного преобразователя как объект регулирования. Падение скорости в установившемся режиме. ПФ ДПТ по возмущающему воздействию. ПФ ДПТ по возмущающему воздействию в замкнутой СПР.

Пример экзаменационного билета:

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Программа подготовки: бакалавриат

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: Электропривод и автоматика

Семестр: 5

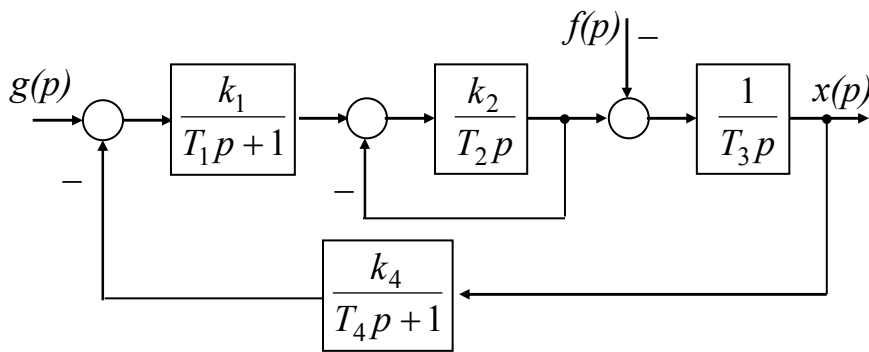
Учебная дисциплина: Теория автоматического управления

БИЛЕТ № 1

1. Поясните сущность понятий «статическая система», «астатическая система», порядок астатизма. Приведите примеры таких систем из курса электрических машин.

2. Передаточная функция усилительного звена. Его переходная функция, ЛАЧХ, ЛФЧХ. Приведите пример этого звена из электротехники (механики).

3. Найдите передаточную функцию по управляющему и возмущающему воздействиям.



Зав. кафедрой

Розкаряка П.И.

Экзаменатор

Розкаряка П.И.

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Программа подготовки: бакалавриат

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: Электропривод и автоматика

Семестр: 6

Учебная дисциплина: Теория автоматического управления

БИЛЕТ № 1

1. Понятие о коэффициентах ошибок. Передаточная функция системы по ошибке. Долевое участие коэффициентов ошибок в общей ошибке.
2. Настройка на технический оптимум. Объект содержит несколько апериодических звеньев первого порядка. Постоянные времени объекта соизмеримы.
3. Комбинированное управление в электромеханических системах. Реализация комбинированного управления в системе подчиненного регулирования скорости при формировании задания от ЗИ (использование первой и второй производных). Структурная схема. Основные соотношения и ПФ.

Зав. кафедрой

Розкаряка П.И.

Экзаменатор

Розкаряка П.И.

КРИТЕРИИ

оценивания экзаменационной работы

по дисциплине «Теория автоматического управления»

для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль: Электропривод и автоматика.

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 3 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопроводить написанное поясняющей схемой (рисунком).

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе лабораторных работ.

Правильный ответ на первый вопрос оценивается в восемнадцать баллов, на второй и третий – в двадцать баллов. Если ответ не полный, то он оценивается в десять баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ESTS.

Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок, протокол № ____ от __.__.20__ г.
Заведующий кафедрой _____ Розкаряка П.И.

4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Теория автоматического управления» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента осуществляется по результатам лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	7	Задание выполнено правильно, полученные результаты обоснованы, приведен анализ полученного результата
	5	Задание выполнено в целом правильно, полученные результаты не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по лабораторным работам (максимально возможное)	42	Из расчёта проведения шести лабораторных работ. Оцениваются результаты каждой лабораторной работы.
ИТОГО	42	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 3 теоретических вопроса. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного би-

лета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

В случае, если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается количество баллов, равное 10. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	18
	вопрос 2	20
	вопрос 3	20
ИТОГО		58

Итоговая оценка определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на лабораторных работах

На примере темы «Математическое описание и передаточные функции элементов линейных непрерывных САР»:

1. Дайте определение передаточной функции системы, характеристического уравнения системы, нулей и полюсов передаточной функции.
2. Назовите условия физической реализуемости передаточной функции.
3. Поясните понятие «однонаправленность» применительно к математическому описанию и передаточной функции.
4. Какие виды математического описания САР вам известны.
5. Назовите условия, при которых можно применять преобразование Лапласа для решения дифференциальных уравнений.

6. Прокомментируйте удобство применения структурных схем для представления математического описания САР.

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.5 Курсовое проектирование

Согласно учебному плану по дисциплине «Теория автоматического управления» предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Синтез системы регулирования скорости электропривода».

Для разработки задаются системы управления автоматизированным электроприводом, к которому по условиям технологического процесса предъявляются определенные требования к динамическим характеристикам и точности отработки управляющего и возмущающего воздействий. В задании приводится структура системы управления, пояснения ее работы, а также необходимые данные электрооборудования. Каждому студенту также выдается индивидуальное задание как отдельный раздел курсовой работы.

№ п/п	Наименование раздела	Максимально возможное количество баллов
1	Математическое описание объекта управления и элементов системы автоматического управления	25
2	Синтез одноконтурной системы управления электроприводом	25
3	Синтез двухконтурной системы управления электроприводом	25
4	Выполнение индивидуального задания	25
ИТОГО		100

При оценивании результатов выполнения курсовой работы руководствуются следующим распределением максимально возможного количества баллов по основным разделам работы:

Оценивание раздела производится исходя из следующего:

- правильное и обоснованное (аргументированное) решение с использованием современных технологий и аппаратной базы, грамотное применение методики расчёта – максимально возможное количество баллов;
- правильное решение с замечаниями по обоснованию (изложение материала не всегда логичное), имеются замечания по выбору проектных решений, приведенному расчёту и использованию его результатов – от 1/3 до 2/3 от максимально возможного количества баллов;
- неверное решение, неумение выполнить расчет для принятия решения, получения необходимых результатов – ноль баллов.

Итоговая оценка по курсовой работе определяется суммированием набранных по разделам баллов.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов. Т. 1 : Линейные системы / Д.П. Ким. - 5 Мб. - Москва : Физматлит, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/17/cd6802.pdf>.

2. Тяжев, А. И. Теория автоматического управления: учебник / А. И. Тяжев. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 164 с. <https://www.iprbookshop.ru/71889.html>.

II Дополнительная литература

3. Федотов, А. В. Основы теории автоматического управления: учебное пособие / А. В. Федотов. — 2-е изд. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 278 с. <https://www.iprbookshop.ru/83344.html>

4. Линейные системы в теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Шилин, Д. Ю. Ляпунов, Л. А. Паюк, С. В. Ляпушкин. — Томск : Томский политехнический университет, 2019. — 178 с.
<https://www.iprbookshop.ru/96111.html>

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

5. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Теория автоматического управления» [Электронный ресурс] / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка. — Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).

6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория автоматического управления» [Электронный ресурс] / ГОУВ-ПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка, В.Ю. Мариничев. — Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).

7. Методические указания к выполнению индивидуальной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» [Электронный ресурс] / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка, В.Ю. Мариничев. — Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).

8. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория автоматического управления» [Электронный ресурс] / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. электропривода и автоматизации промышленных установок ; сост. П.И. Розкаряка. – Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

Учебная аудитория №8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: компьютер Intel Celeron E1200, операционная система Windows XP Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.2.2, Google Slides (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

7.2 Лабораторные занятия:

Учебная лаборатория №8107, учебный корпус 8, для проведения лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированное оборудование: промышленный контроллер MicroPC фирмы Octagon (процессорная плата 5066-586; плата видеоадаптера 5420; сетевая плата 5500; плата аналог. ввода/вывода 5710; плата цифр. ввода/вывода 5600; клавиатура КР-1; ж-к. дисплей LCD 4x20); лабораторный стенд «Частотно-регулируемый электропривод насосной установки» в составе действующей модели насосной установки на базе насоса PEDROLLO с приводным электродвигателем 0,37 кВт, ПЧ Lenze 8200 Vector, датчик давления IFM PN3004, счетчик холодной воды KB -1,5, ПЧ Altivar-21, электромеханический клапан TAC Forta M400, датчик давления PA-22 PS. Сервер на базе ПК IMD 2800, 1,6GGC, компьютер IMD Atlon 64x2 5000+, RAM 2Gb. (ОС – QNX (бесплатная версия) и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия). Специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические.

Специализированная лаборатория №8.109 корпус 8 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированное оборудование: Стенд 1. Лабораторный стенд для исследования систем управления тепловыми процессами и энергетических режимов работы оборудования. Программный регулятор ОВЕН ТРМ 151, измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ 202, цифровой мультиметр LOVATO DMK3, программируемый логический контроллер VIPA 313SC, преобразователь частоты Danfoss VLT 5000, фи-

зическая модель приточной нагревательной установки, содержащая датчик температуры TN-2531, датчик температуры TAD961, вентилятор SUNON DP200A2123XBT, нагреватель NOMACON P=300 Вт, твердотельные реле CARLO GAVAZZI RM1E23AA25. Макет помещения, содержащий термопреобразователь сопротивления TCM 1-3 50M L80, датчик влажности, вентилятор SUNON DP200A2123XBT, нагревательный элемент. Стенд 2. Лабораторный стенд для исследования систем позиционирования и регулирования скорости: стартовый комплект SPEED7.800-7DK20 (центральный процессор CPU313SC VIPA 313-5BF03), датчик емкостной CA18 CLN 12PA, датчик индуктивный IA18 DSN 14 PO, фотодатчик PA 18 CSD 02 PA, модуль питания SPD2460, монитор FA1, монитор FD1, преобразователь частоты Lenze 8200 Vector, сервопозиционер Lenze 9300 EV9321-EP. Стенд 3. Лабораторный стенд для исследования шаговых электроприводов и устройств плавного пуска: преобразователь частоты Unidrive SP 1401, устройство плавного пуска Softstarter PFE-16, модуль питания SPD 2406. AC/DC Converter 24 V, драйвер шагового двигателя MD5 MF15, 5-ти фазный шаговый двигатель A16K-M569W, программируемый логический контроллер VIPA CPU314ST. Стенд 4. Лабораторный стенд для исследования частотно-регулируемых электроприводов при векторном и скалярном управлении: электродвигатель 1LA7073-2AA10 0,55 кВт, преобразователь частоты Unidrive SP 1401 (0.75кВт), преобразователь частоты Comander SK (1.1 кВт). Стенд 5. Лабораторный стенд для исследования регулируемых электроприводов постоянного и переменного тока: силовой преобразователь постоянного тока Mentor II Digital DC Drive, возбудитель FMX5 Field Controller, преобразователь частоты Unidrive SP 1404 (3кВт), двигатель постоянного тока (P=3 кВт), синхронный двигатель с постоянными магнитами, модули расширения, резольвер, энкодер. Стенд 6. Лабораторный стенд для исследования электроприводов постоянного тока с двухзонным регулированием: тиристорный преобразователь DCS 800 (ABB), электродвигатель ПБСТ-42 (P=2,4 кВт), электродвигатель ПБСТ-43 (P=2,8 кВт), управляемый выпрямитель ЭТ-6, датчик фотоимпульсный ПДФ-3У2, датчик кодовый КД-3. Стенд 7. Лабораторный стенд для управления частотно-регулируемым электроприводом от программируемого контроллера: программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК100, программируемый логический контроллер VIPA CPU 314ST, преобразователь частоты Lenze 8400, преобразователь SPD 2406. Стенд 8. Лабораторный стенд для исследования частотно-регулируемого электропривода вентилятора: преобразователь частоты Altivar 312HO18M2, электродвигатель асинхронный MEBSA 632-4 (0,18 кВт), вентилятор Soler&Palau CMT/4-180/0.75, многофункциональный измерительный прибор Power Logic PM700.

Приборное обеспечение: 16-канальный регистратор параметров Рекон-08, генератор сигналов Г6-26.

Компьютерное обеспечение: компьютеры Celeron-3,06Ghz/2Gb/400Gb, (ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), программное обеспечение: для работы с ПЛК VIPA – WinSPS-S7 V5 (бесплатная версия); для работы с преобразователями частоты Unidrive и Comander фирмы Control

Technique – STSoft V1.16.0.3, Sypt PRO V 2.5.3, CT Scope V1.1.4 (бесплатная версия); для работы с преобразователями частоты фирмы Lenze – Global Drive Control V4.14.1.0 (бесплатная версия); для работы с ПЛК ОВЕН – CoDeSys V2.3 (бесплатная версия); для работы с регистратором параметров Рекон – WinRec MC (бесплатная версия); для работы с цифровым мультиметром LOVATO DMK3 – DMK Remote Control (бесплатная версия); для работы с ПЛК Zelio-logic фирмы Schneider Electric – Zelio Soft2 (бесплатная версия); для работы со SCADA Zenon фирмы COPA-DATA – Zenon Editor 6.22, Zenon RunTime (бесплатная версия). Мультимедийный проектор Epson Emp-S52, экран проекционный, специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические.

7.3 Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС-Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).