

Компонент ОПОП

15.03.04 Автоматизация технологических

наименование ОПОП

процессов и производств

Проектирование и эксплуатация систем автоматизации

производственных процессов

Б1.О.15

шифр дисциплины

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины
(модуля)

Теория автоматического управления

Разработчик (и):

Утверждено на заседании кафедры

Столянов А. В.

ФИО

Автоматики и вычислительной техники

наименование кафедры

протокол № 9 от 17.06.2022 г.

старший преподаватель

должность

Заведующий кафедрой



А. В. Кайченев

ФИО

ученая степень, звание

подпись

Мурманск
2022

Пояснительная записка

Объем дисциплины 14 з.е.

1. **Результаты обучения по дисциплине (модулю)**, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-13	ИД-1 _{ОПК-13} ИД-2 _{ОПК-13}	Знать: стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов; стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации производств. Уметь: применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов; применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации производств. Владеть: навыками применения стандартных методов расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов; навыками применения стандартных методов расчета при проектировании систем автоматизации производств.

2. **Содержание дисциплины (модуля)**

Семестр 4:

Тема 1. Введение.

Предмет и задачи курса, особенности его изучения. Автоматизация производства и ее роль в ускорении научно-технического прогресса. Современное состояние и перспективы развития автоматики.

Тема 2. Принципы построения систем автоматического управления. Основные понятия теории управления; классификация систем управления (СУ); поведение объектов и СУ; информация и принципы управления; примеры СУ техническими, экономическими и организационными объектами; задачи теории управления; линейные непрерывные модели и характеристики СУ.

Основные элементы системы, графическое изображение элементов, принципиальная и функциональная схемы систем. Классификация СУ по принципу регулирования: по отклонению, по возмущению, комбинированное. Их особенности, достоинства и недостатки, функциональные схемы. Классификация СУ по закону управления: типовые законы управления пропорциональный, пропорционально-дифференциальный, интегральный, пропорционально-интегральный, пропорционально-интегрально-дифференциальный. Их достоинства и недостатки. Классификация СУ по характеру формирования управляющего воздействия: непрерывное, импульсное, релейное, цифровое регулирование.

Тема 3. Режимы работы системы автоматического регулирования.

Статическое и динамическое состояние систем. Требования, предъявляемые к основным показателям статического и динамического режимов работы СУ. Общий

подход к решению инженерных задач, связанных с анализом работы и настройки СУ. Характеристика математического аппарата, используемого в теории автоматического управления.

Тема 4. Основы теории линейных автоматических систем управления. Статический режим системы автоматического управления.

Режимы работы СУ. Требования, предъявляемые к статическому и динамическому режимам работы. Статические характеристики линейных и нелинейных элементов. Линеаризуемые статические характеристики. Передаточный коэффициент линейных элементов СУ при последовательном, параллельном, встречно-параллельном соединениях. Передаточный коэффициент и уравнение статики разомкнутой и замкнутой системы по задающему и возмущающему воздействиям. Статизм и точность регулирования СУ в установившемся режиме. Статические и астатические СУ. Статический расчет СУ.

Тема 5. Модели вход-выход: дифференциальные уравнения, передаточные функции, временные и частотные характеристики; модели вход-состояние-выход; преобразования форм представления моделей.

Определение динамического режима работы СУ. Общая методика составления нормализованного линейного дифференциального уравнения элемента системы. Типовые динамические звенья и их характеристики, понятие типового динамического звена. Безынерционное звено, инерционные звенья 1-го и 2-го порядка, колебательное звено. Интегрирующее звено, дифференцирующие звенья (идеальное, реальное, 1-го и 2-го порядка), запаздывающее звено. Сравнительный анализ динамических характеристик типовых звеньев. Представление СУ в виде структурной схемы из типовых динамических звеньев. Эквивалентная передаточная функция и частотные характеристики разомкнутой СУ при различных сочетаниях динамических звеньев. Передаточные функции замкнутых СУ.

Тема 6. Анализ основного свойства линейных СУ - устойчивости; качество переходных процессов в линейных СУ.

Понятие об устойчивости СУ. Необходимые и достаточные условия устойчивости, методы анализа, критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста. Логарифмический критерий устойчивости. Понятие запаса устойчивости. Определение запаса устойчивости по амплитуде и фазе. Область устойчивости. Построение областей D-разбиения по одному параметру

Тема 7. Анализ качества систем автоматического регулирования.

Общее понятие о качестве процесса регулирования. Основные показатели качества: время регулирования, перерегулирование и число колебаний. Задачи и методы исследования качества СУ. Построение переходного процесса СУ на ЭВМ. Частотный метод анализа показателей качества процесса управления. Связь переходного процесса с вещественной характеристикой (ВЧХ) замкнутой системы. Основные свойства ВЧХ. Оценка показателей качества переходного процесса по виду ВЧХ. Понятие об интегральных оценках качества переходного процесса. Интегральные критерии: квадратичный, интеграл по абсолютному значению ошибки и др. Способы улучшения качества работы системы автоматического управления. Влияние обратных связей на статические и динамические характеристики элементов СУ.

Семестр 5:

Тема 1. Задачи и методы синтеза линейных СУ.

Назначение корректирующих устройств. Способы включения корректирующих устройств. Последовательные и параллельные корректирующие устройства. Синтез корректирующих устройств методом логарифмических частотных характеристик системы по заданным показателям качества. Синтез системы при последовательном

включении корректирующего устройства. Синтез системы при параллельном включении корректирующего устройства. Определение характеристики корректирующего устройства при последовательном и параллельном включении. Корректирующие устройства по внешнему воздействию (задающему и возмущающему). Активные и пассивные корректирующие устройства.

Семестр 6:

Тема 1. Основы теории нелинейных автоматических систем управления. Нелинейные модели СУ; анализ равновесных режимов; методы линеаризации нелинейных моделей; анализ поведения СУ на фазовой плоскости; устойчивость положений равновесия: частотный метод исследования абсолютной устойчивости; исследование периодических режимов с использованием метода гармонической линеаризации.

Понятие о нелинейных системах управления. Общая характеристика особенностей и методов исследования нелинейных систем. Типовые нелинейности. Статические характеристики управления, описывающие типовые нелинейности. Прохождение гармонического сигнала через нелинейный элемент. Сущность метода гармонической линеаризации. Понятие передаточной функции нелинейной системы. Методы исследования нелинейных систем. Сущность фазового метода исследования нелинейных систем. Построение фазовых траекторий и фазовых портретов линейных и нелинейных систем управления. Связь фазовых траекторий с кривыми переходных процессов систем. Исследование релейной СУ фазовым методом. Режим автоколебаний в нелинейных системах. Условия возникновения автоколебаний. Графоаналитический и аналитический методы определения параметров автоколебаний. Устойчивость автоколебаний в нелинейных системах. Методы исследования устойчивости нелинейных систем. Понятие устойчивости нелинейных систем. Понятие асимптотической устойчивости, устойчивости состояния равновесия, абсолютной устойчивости по А. М. Ляпунову. Критерий абсолютной устойчивости В. М. Попова. Представление систем автоматического регулирования в пространстве состояний. Регуляторы состояния. Регуляторы состояния с заданным характеристическим уравнением. Модальные регуляторы состояния. Наблюдатели состояния. Регуляторы состояния с наблюдателями.

Семестр 7:

Тема 1. Оптимальные и адаптивные системы управления.

Понятие оптимальной системы. Критерии оптимальности. Методы решения задач оптимального управления. Оптимальный регулятор, оптимальный программатор. Понятие адаптивной системы. Области применения. Самонастраивающиеся адаптивные системы управления. Поискные, беспоисковые адаптивные системы управления.

Тема 2. Системы управления в переменных состояниях.

Интегрирование дифференциальных уравнений на ЭВМ. Представление систем управления в пространстве переменных состояний. Математическая модель объекта управления в переменных состояниях. Регулятор состояния. Расчет регулятора по заданным динамическим свойствам АСР.

Наблюдатели состояния. Идентификация объектов управления. Виды идентификации. Системы идентификации объектов управления с эталонной моделью (обратной). Система идентификации с наблюдателем.

Адаптивные системы управления с использованием систем идентификации с наблюдателем состояния.

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)

- материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МГТУ;

- методические указания к выполнению лабораторных/практических/расчетно-графических работ и курсового проекта представлены в электронном курсе в ЭИОС МГТУ;

- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

Основная литература

1. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы / Б. А. Федосенков; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – 322 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195>

2. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления: учеб. пособие для вузов / А. А. Первозванский. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010. - 615 с.; 30

3. Маслов, А.А. Исследование систем автоматического регулирования на базе технических и программных средств автоматизации «ОВЕН»; Уч. пособие; Маслов А.А., Кайченев А.В.; Мурманск, МГТУ; 2013; 25.

Дополнительная литература

4. Маслов, А.А. Проектирование судовой системы автоматического регулирования: метод. указания к выполнению курсового проекта по курсу "Теория автоматического управления" для студентов спец. 220301.65 "АТПуП", 180407.65 "Эксплуатация СЭО и СА", направления 220700.62 "АТПуП" / А.А. Маслов, В.В. Яценко. – Мурманск: МГТУ, 2012.

5. Маслов, А.А. Оптимальные и адаптивные системы управления: метод. указания по дисциплинам "Теория автоматического управления" и "Теория специальных систем управления" для направления подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств" / А.А. Маслов. – Мурманск: МГТУ, 2016.

6. "Исследование статических свойств АСР". МУ по дисциплине "Теория автоматического управления" для студентов технических направлений (специальностей). Маслов А.А., Яценко В.В. Мурманск, МГТУ; 2016.

7. Маслов, А.А. Исследование динамических свойств АСР : метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Теория автоматического управления" для спец. 210200 "Автоматизация технологических процессов и производств" / А.А. Маслов, В.В. Яценко. – Мурманск: МГТУ, 2004.

8. Маслов, А.А. Исследование работы датчиков : метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Теория автоматического управления" для

специальностей 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств", 140106 "Энергообеспечение предприятий", 180403 "Эксплуатация судовых энергетических установок", 180404 "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики" / А.А. Маслов, В.В. Яценко. – Мурманск: МГТУ, 2007.

9. Маслов, А.А. Методические указания к выполнению РГЗ по курсу "Теория автоматического управления"; Маслов А.А.; Мурманск: МГТУ; 2002.

10. Маслов, А.А. Синтез оптимальной АСР с ПИД-регулятором: метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Теория автоматического управления" для спец. 210200 "Автоматизация технологических процессов и производств" / А.А. Маслов, Д.А. Пономаренко. – Мурманск: МГТУ, 2002.

11. Методические указания к лабораторной работе "Исследование нелинейной АСР с регулятором релейного типа"; Маслов А.А.; Мурманск: МГТУ; 2016.

12. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория автоматического управления» для специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» «Технические и программные средства автоматизации ОВЕН»; А.А. Маслов, Кайченев А.В., М.В. Соколов; Мурманск: МГТУ; 2011.

13. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория автоматического управления» для специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств». «Исследование автоматической системы управления температурой на базе микропроцессорных регуляторов ОВЕН» ; А.А. Маслов, Кайченев А.В. ; Мурманск: МГТУ; 2012.

14. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория автоматического управления» для специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» «Технические и программные средства автоматизации ОВЕН. Часть 2»; А.А. Маслов, Кайченев А.В.; Мурманск: МГТУ; 2012.

6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1) Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации- URL: <http://pravo.gov.ru>

2) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»_- URL: <http://window.edu.ru>

3) Справочно-правовая система. Консультант Плюс - URL: <http://www.consultant.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1) Офисный пакет Microsoft Office 2007

2) Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader

8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МГТУ.

Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения													
	Очная						Всего часов	Заочная					Всего часов	
	Курс/Семестр							Курс/Семестр						
	2/4	3/5	3/6	4/7			2/4	3/5	3/6	4/7				
Лекции	32	32	16	12			92	6	6	2	2			16
Практические занятия	18	18	18	0			54	4	4	4	0			12
Лабораторные работы	32	32	18	12			94	6	6	4	2			18
Самостоятельная работа	26	26	20	120			192	119	88	89	136			432
Подготовка к промежуточной аттестации	36	0	36	0			72	9	4	9	4			26
Всего часов по дисциплине / из них в форме практической подготовки	144	108	108	144			504	144	108	108	144			504

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен	1	-	1	-			2	1	-	1	-			2
Зачет/зачет оценкой	-/-	1/-	-/-	1/-			2/-	-/-	1/-	-/-	1/-			2/-
Курсовая работа (проект)	-	1	-	-			1	-	1	-	-			1
Количество расчетно-графических работ	1	-	1	1			3	1	-	1	1			3

Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
	Очная форма
	4 семестр
1	Исследование потенциометрического датчика
2	Исследование индуктивного датчика
3	Исследование автоматической системы регулирования частоты вращения двигателя
4	Исследование статических свойств автоматической системы регулирования частоты вращения двигателя

5	Исследование влияния передаточного коэффициента регулятора на величину статизма автоматической системы регулирования
5 семестр	
1	Исследование динамических свойств автоматической системы регулирования скорости двигателя постоянного тока
2	Настройка автоматической системы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока с помощью пассивных корректирующих устройств
3	Исследование релейной автоматической системы регулирования с реле с зоной нечувствительности
4	Исследование релейной автоматической системы регулирования с реле с зоной неоднозначности
6 семестр	
1	Синтез оптимальной автоматической системы регулирования с ПИД-регулятором
2	Исследование цифровой автоматической системы регулирования
3	Исследование эффекта транспонирования частот
7 семестр	
1	Моделирование объекта управления в пространстве переменных состояния
2	Моделирование регулятора состояния
3	Моделирование наблюдателя состояния
4	Моделирование адаптивной системы управления
Заочная форма	
4 семестр	
1	Исследование автоматической системы регулирования частоты вращения двигателя
2	Исследование статических свойств автоматической системы регулирования частоты вращения двигателя
3	Исследование влияния передаточного коэффициента регулятора на величину статизма автоматической системы регулирования
5 семестр	
1	Исследование динамических свойств автоматической системы регулирования скорости двигателя постоянного тока
2	Настройка автоматической системы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока с помощью пассивных корректирующих устройств
3	Исследование релейной автоматической системы регулирования с реле с зоной нечувствительности
6 семестр	
1	Синтез оптимальной автоматической системы регулирования с ПИД-регулятором
2	Исследование цифровой автоматической системы регулирования
7 семестр	
1	Моделирование регулятора состояния
2	Моделирование наблюдателя состояния
3	Моделирование адаптивной системы управления

Перечень практических занятий по формам обучения

№ п/п	Темы практических занятий
1	2
Очная форма	
4 семестр	
1	Построение частотных характеристик типовых динамических звеньев в пакете AutoCont
2	Построение логарифмических частотных характеристик типовых динамических звеньев.

	5 семестр
1	Построение частотных характеристик АСР в пакете AutoCont
2	Построение переходных процессов АСР в пакете AutoCont
3	Расчет и построение логарифмических характеристик элементов системы автоматического регулирования
4	Построение фазового портрета и анализ работы релейной системы
5	Расчет параметров автоколебаний релейной системы
	6 семестр
1	Построение в пакете AutoCont различных интегральных оценок при настройках ПИ- и ПИД-регуляторов
2	Моделирование различных частот квантования промышленной сети 220В 50Гц средствами DataView
3	Моделирование в среде AutoCont цифровых регуляторов
	Заочная форма
	4 семестр
1	Построение частотных характеристик типовых динамических звеньев в пакете AutoCont
2	Построение логарифмических частотных характеристик типовых динамических звеньев.
3	Анализ устойчивости АСР.
	5 семестр
1	Построение переходных процессов АСР в пакете AutoCont
2	Расчет и построение логарифмических характеристик элементов системы автоматического регулирования
	6 семестр
1	Построение в пакете AutoCont различных интегральных оценок при настройках ПИ- и ПИД-регуляторов
2	Моделирование различных частот квантования промышленной сети 220В 50Гц средствами DataView
3	Расчет критического значения регулятора для лабораторного стенда «АСР частоты вращения двигателя постоянного тока»

Перечень примерных тем курсового проекта

№ п\п	Темы курсового проекта
1	2
1	Проектирование системы автоматической стабилизации тока ваерной лебедки.
2	Проектирование систем автоматического регулирования частоты вращения электродвигателя ваерной лебедки.
3	Проектирование следящей системы управления перекладкой руля судов типа "Атлантик-333".
4	Проектирование системы автоматического регулирования курса судов типа "Атлантик 333".