



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:
Директор института энергетики
и автоматизированных систем
С.И. Лукьянов
«26» сентября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)
15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения
Очная

Институт
Кафедра
Курс
Семестр

Энергетики и автоматизированных систем
Автоматизированного электропривода и мехатроники
3
5

Магнитогорск
2018 г.

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория автоматического управления» являются: освоение основ теории автоматического управления как теоретической и фундаментальной базы построения и анализа современных систем автоматического управления электроприводами

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория автоматического управления» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Для изучения дисциплины необходимы знания сформированные в результате изучения дисциплин “Математика” и “Теоретические основы электротехники” в объеме настоящей образовательной программы. Приступая к обучению, студенты должны иметь представление о методах расчета электрических цепей, уметь составлять математическое описание различных элементов с помощью дифференциальных уравнений, иметь представление и уметь применять прямое и обратное преобразование Лапласа для математического описания и расчета переходных процессов в различных элементах.

Знания, умения и владения, полученные при изучении данной дисциплины, будут необходимы для изучения последующих дисциплин “Моделирование в электроприводе”, “Электрический привод”, “Системы управления электроприводов»

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория автоматического управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-2 способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	
Знать	особенности, принципы и способы, используемые для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса по заданной методике
Уметь	применять полученные знания при обеспечении требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса по заданной методике
Владеть	навыками и методиками обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса по заданной методике
ПК-1 способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	
Знать	Организацию и управления исследованием
Уметь	Организовывать постановку эксперимента
Владеть	Методами обобщения и фильтрации результатов экспериментов

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 56,9 академических часов:
 - аудиторная – 54 академических часов;
 - внеаудиторная – 2,9 академических часов
- самостоятельная работа – 87,1 академических часов;

Форма аттестации: Зачет с оценкой, Курсовая работа

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. Занятия	практич. занятия				
1. Введение	5	2			4	Подготовка к входному контролю	Входной контроль	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
2. Общие сведения о системах автоматического регулирования (САР)	5	2			4	Подготовка к контрольной работе №1	Контрольная работа №1	ОПК2 – зув
3. Математическое описание линейных САР	5	6			4	Подготовка к контрольной работе №1	Контрольная работа №1	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
4. Типовые динамические звенья автоматического регулирования	5	6	6		4	Подготовка к лабораторной работе №1	Лабораторная работа №1	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
5. Структурные схемы САР и их преобразование. Частотные характеристики и передаточные функции разомкнутых и замкнутых САР	5	4	4		4	Подготовка к лабораторной работе №2	Лабораторная работа №2	ОПК2 – зув ПК-1 -зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. Занятия	практич. занятия				
6. Стационарные и динамические режимы САР	5	4	4		4	Подготовка к лабораторной работе №3	Лабораторная работа №3	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
7. Устойчивость линейных систем автоматического регулирования	5	4	4		4	Подготовка к лабораторной работе №4	Лабораторная работа №4	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
8. Исследование качества процесса регулирования	5	4			4	Подготовка к контрольной работе №2	Контрольная работа №2	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
9. Оптимальные линейные САР с последовательной коррекцией	5	2			4	Подготовка к контрольной работе №2	Контрольная работа №2	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
10. Основы теории нелинейных САР	5	2			4	Подготовка к контрольной работе №2	Контрольная работа №2	ОПК2 – зув ПК-1 -зув
Итого по разделам 1-10:		36	18		40		Промежуточная аттестация (экзамен)	
Курсовая работа	5				47.1	Подготовка к сдаче курсовой работы	Сдача курсовой работы	ОПК2 – зув ПК-1 –зув
Итого по дисциплине		36	18	0	87.1	Зачет		

5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория автоматического управления» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Теория автоматического управления» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала с консультациями преподавателя и оформления выполненных лабораторных работ, с проработкой основных вопросов к лабораторным работам.

Перечень лабораторных работ по дисциплине:

1. Использование пакета MATLAB-Simulink для исследования динамических звеньев.
2. Исследование позиционных динамических звеньев.
3. Изучение интегрирующих и дифференцирующих звеньев.
4. Исследование одноконтурной САР с последовательной коррекцией.

Вопросы для самостоятельной проработки:

1. Что такое САР? Какие свойства характерны для САР?
2. В чем состоит различие между САУ и САР?
3. В чем сущность принципа регулирования «по отклонению»?
4. В чем сущность принципа регулирования «по возмущению»?
5. Для чего в САР нужны обратные связи?
6. В чем разница между ошибкой регулирования и отклонением регулирования?
7. Что такое переходной процесс?
8. Какова стандартная форма записи линейных уравнений в САУ?
9. Для чего используется оператор Лапласа в САУ?
10. Что такое передаточная функция? Как получить передаточную функцию, исходя из математического описания?
11. Что такое логарифмическая амплитудная и фазовая характеристики (ЛАЧХ, ЛФЧХ)?
12. В чем физический смысл амплитудно-фазовых характеристик?
13. Какие типовые динамические звенья существуют?
14. Какие типовые динамические звенья нельзя реализовать на физическом уровне?
15. Какие типовые динамические звенья используются в качестве регуляторов в САР?
16. Зачем необходимо преобразовывать структурные схемы САР?
17. Какие правила преобразования структурных схем САР существуют?
18. Что такое статизм САР?
19. Как коэффициент усиления влияет на величину статической ошибки регулирования САР?
20. Какие существуют способы устранения статической ошибки регулирования САР?
21. Какие существуют законы регулирования в САР?
22. Что дают интегральные законы регулирования САР?
23. Что такое критерий устойчивости САР?

24. В каких случаях необходимо использовать алгебраический критерий устойчивости?
25. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста?
26. Как формулируется критерий устойчивости по ЛАЧХ и ЛФЧХ?
27. Что такое запас устойчивости САР по фазе и амплитуде?
28. На что влияет запас устойчивости САР по фазе и амплитуде?
29. От чего зависит устойчивость САР?
30. При каких условиях применяют статические САР? При каких условиях применяют астатические САР?

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-2 способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач		
Знать	особенности, принципы и способы, используемые для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса по заданной методике	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какой физический смысл имеют понятия «система», «структура системы», «связь», «управление», «объект управления»? 2. Дайте определение САР и перечислите их основные свойства. 3. Перечислите основные элементы, входящие в САР. 4. В чём состоит различие между регулятором и системой регулирования? 5. Объясните сущность принципа регулирования «по возмущению», его достоинства и недостатки, укажите условия его применения. 6. Объясните сущность принципа регулирования «по отклонению», его достоинства и недостатки, укажите условия его применения. 7. Дайте определение управляющим, возмущающим и регуливающим воздействиям. В чём состоит разница между ними? 8. Назначение и характеристика обратных связей в САР. 9. В чём заключается разница между ошибкой и отклонением регулирования? 10. Назовите и объясните основные типовые воздействия в САР. 11. В чём отличие систем прямого и непрямого действия? 12. В чём состоит различие между системами непрерывного, импульсного и релейного регулирования? 13. Дайте определение системам стабилизации, программным, следящим. Приведите примеры этих систем. 14. По каким признакам классифицируются САР? 15. Чем отличается статическая САР от астатической?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>16. Что такое типовое динамическое звено?</p> <p>17. По каким признакам разделяют элементы различной физической природы на типовые динамические звенья?</p> <p>18. Перечислите основные типовые динамические звенья САР и приведите их дифференциальные уравнения.</p> <p>19. Представьте передаточные функции основных типовых динамических звеньев?</p> <p>20. Что такое передаточная функция типового звена и как её получить из дифференциального уравнения звена?</p> <p>21. Какова связь между передаточной функцией звена и его амплитудно-фазовой характеристикой?</p> <p>22. Приведите примеры элементов САР, соответствующих различным типам звеньев.</p> <p>23. Как определяется коэффициент усиления звена?</p> <p>24. Какой вид имеют амплитудно-фазовые характеристики различных типовых динамических звеньев?</p> <p>25. В чём заключается сущность частотных характеристик звеньев САР и каким образом их можно снять экспериментально?</p> <p>26. На примере инерционного звена показать, каким образом можно получить амплитудно-фазовую частотную характеристику звена?</p> <p>27. Построить логарифмические амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики типовых динамических звеньев. Обратит внимание на методы приближённого построения этих характеристик.</p> <p>28. Чем отличаются реальные интегрирующие и дифференцирующие звенья от идеальных?</p> <p>29. При каких условиях колебательное звено превращается в апериодическое</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		звено второго порядка и в консервативное звено?
Уметь	применять полученные знания при обеспечении требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса по заданной методике	<p>1. Система регулирования описывается следующей передаточной функцией</p> $W(p) = \frac{a_0 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_2}{b_0 \cdot p^3 + b_1 \cdot p^2 + b_2 \cdot p + b_3} = \frac{x_{вых}(p)}{x_{вх}(p)}.$ <p>Определите установившееся значение переходной функции (после окончания переходного процесса), если заданы следующие коэффициенты: $a_0 = 1.5; a_1 = 3; a_2 = 5;$ $b_0 = 2.0; b_1 = 1.2; b_2 = 2.5; b_3 = 2.0$ $x_{вх} = 2.0.$</p> <p>2. Для инерционного звена второго порядка представить логарифмические амплитудную и фазовую характеристики $L(\omega)$ и $\varphi(\omega)$, если задана передаточная функция звена</p> $W(p) = \frac{k}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)}$ <p>при $k = 100, T_1 = 0.1c, T_2 = 0.01c.$</p> <p>3. Для звена, описываемого дифференциальным уравнением</p> $T \frac{dx_{вых}}{dt} + x_{вых} = k \cdot x_{вх}$ <p>изобразить графически переходную характеристику $x_{вых}(t)$, если $T = 2c$ и $k = 5$ (в масштабе).</p> <p>4. Изобразить логарифмические характеристики $L(\omega)$ и $\varphi(\omega)$ аperiodического звена второго порядка, если $k = 0.1$ и постоянные времени $T_1 = T_2 = 1c.$</p> <p>5. Из представленных ниже выражений выбрать выражение, соответствующее интегрирующему звену с замедлением:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		1) $\omega(t) = k \left(1 - e^{-t/T} \right)$; 2) $\frac{dx_{\text{вых}}}{dt} = k \cdot \left(T \frac{dx_{\text{вх}}}{dt} + x_{\text{вх}} \right)$; 3) $\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arctg}(T \cdot \omega)$; 4) $W(j\omega) = \frac{k}{1 - T^2 \omega^2}$.
Владеть	навыками и методиками обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса по заданной методике	Примерный перечень тем курсовых работ: Расчет двухконтурных САР подчиненного регулирования с последовательной коррекцией (по вариантам)
ПК-1 способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике		
Знать	Организацию и управления исследованием	Подготовка лабораторных работ: 1. Использование пакета MATLAB-Simulink для исследования динамических звеньев. 2. Исследование позиционных динамических звеньев. 3. Изучение интегрирующих и дифференцирующих звеньев. 4. Исследование одноконтурной САР с последовательной коррекцией.
Уметь	Организовывать постановку эксперимента	Выполнение лабораторных работ: 1. Использование пакета MATLAB-Simulink для исследования динамических звеньев. 2. Исследование позиционных динамических звеньев.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		3. Изучение интегрирующих и дифференцирующих звеньев. 4. Исследование одноконтурной САР с последовательной коррекцией.
Владеть	Методами обобщения и фильтрации результатов экспериментов	Написание выводов по результатам лабораторных работ: <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование пакета MATLAB-Simulink для исследования динамических звеньев. 2. Исследование позиционных динамических звеньев. 3. Изучение интегрирующих и дифференцирующих звеньев. 4. Исследование одноконтурной САР с последовательной коррекцией. Последующая устная защита лабораторных работ.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Изучение дисциплины «Теория автоматического управления» длится в течении 2 семестров. После первого семестра проводится экзамен, охватывающий изученные темы. После второго семестра изучение учебной дисциплины «Теория автоматического управления» завершается зачетом с оценкой и сдачей курсовой работы.

Зачет с оценкой проводится в форме собеседования, в процессе которого обучающийся отвечает на вопросы преподавателя.

Зачет с оценкой проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный материал. По окончании ответа преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам экологии. Результаты зачета с оценкой объявляются студенту непосредственно после окончания его ответа в день сдачи.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Теория автоматического управления». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Показатели и критерии оценивания курсовой работы:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Васильков, Ю. В. Математическое моделирование объектов и систем автоматического управления: учебное пособие / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 428 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-9729-0386-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167744> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 5-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-4200-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125741> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Методические указания для студентов по выполнению лабораторных работ / Составитель: Белый А. В. ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2012. - 63с. : ил., табл. - Текст : непосредственный.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Компьютерный класс	Персональные компьютеры с пакетами MS Office, MATLAB, выходом в Интернет и с доступом в элек-

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
	тронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета