

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А. Н. Румянцев

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
по изучению дисциплины «Теория автоматического управления»
для студентов бакалавриата по направлению подготовки
15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 681.5.01

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент, проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
В. И. Устич

Румянцев, А. Н.

Теория автоматического управления: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств / **А. Н. Румянцев.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 19 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по изучению дисциплины «Теория автоматического управления» для студентов направления 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств. В нем представлен тематический план по дисциплине и даны методические указания по подготовке к лекциям и написанию курсовой работы, подготовке и сдаче экзамена, выполнению самостоятельной работы.

Содержатся требования к текущей и промежуточной аттестации, определены критерии получения положительной оценки.

Табл. 5, список лит. – 7 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой цифровых систем и автоматики Института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 28 сентября 2022 г., протокол № 2.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала методической комиссией Института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 6 декабря 2022 г., протокол № 10.

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Румянцев А. Н., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	4
2. Тематический план	6
3. Содержание дисциплины	7
4. Методические указания по выполнению самостоятельной работы....	10
5. Методические указания по проведению занятий и освоению дисциплины.....	11
6. Требования к аттестации по дисциплине.....	12
6.1. Текущая аттестация	12
6.2. Промежуточная аттестация по дисциплине	13
7. Заключение.....	14
8. Библиографический список	18

1. ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств, изучающих дисциплину «Теория автоматического управления».

Целью освоения является формирование знаний и навыков в области теории автоматического управления (ТАУ).

Задачи изучения дисциплины:

- изучение аппарата математического описания технологических процессов и производств;
- изучение компьютерных программ моделирования;
- умение самостоятельного моделирования систем автоматического управления технологических процессов и производств.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ);
- основные методы анализа и синтеза САУ;
- основные принципы, виды и законы управления в технических системах;
- математические методы описания, анализа и синтеза линейных непрерывных (аналоговых) и прерывных (дискретных) систем;
- методы анализа нелинейных и стохастических систем;
- методы синтеза оптимальных и адаптивных систем;

уметь:

- строить математические модели объектов управления и САУ;
- рассчитывать основные количественные показатели САУ, выполнять анализ ее устойчивости;
- математически описывать САУ;
- составлять передаточные функции объектов и систем;
- строить операторные схемы с их минимизацией;
- строить амплитудные, частотные и фазовые характеристики систем;
- исследовать модели автоматических систем известными методами, применяя компьютерные технологии (программы SolidThinking, VisSim, Mathcad, Mathcab и др.);

владеть:

- методами математического анализа и моделирования систем;
- навыками работы в прикладных компьютерных программах моделирования автоматических систем;

- методами теоретических и экспериментальных исследований для решения конкретных задач.

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и входит в состав Профессионального модуля (В) образовательной программы бакалавриата по направлению 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств.

Дисциплина опирается на компетенции, полученные при изучении таких дисциплин, как «Физика», «Электротехника», «Электроника».

Знания, полученные студентами при освоении дисциплины, дополняются, расширяются, углубляются при изучении ряда дисциплин («Технические измерения и приборы», «Автоматизированный электропривод» и др.), и могут использоваться в дальнейшей профессиональной деятельности.

Далее в пособии представлен тематический план, содержащий перечень изучаемых тем, мероприятий текущей аттестации и отводимое на них аудиторное время (занятия в соответствии с расписанием) и на самостоятельную работу. При формировании личного образовательного плана на семестр следует оценивать рекомендуемое время на изучение дисциплины; возможно, вам потребуется больше времени на выполнение отдельных заданий или проработку отдельных тем.

В разделе «Содержание дисциплины» приведены подробные сведения об изучаемых вопросах, по которым вы можете ориентироваться в случае пропуска каких-то занятий, а также методические рекомендации преподавателя для самостоятельной подготовки. Каждая тема имеет ссылки на литературу (или иные информационные ресурсы), а также контрольные вопросы для самопроверки.

Раздел «Требования к аттестации по дисциплине» содержит описание обязательных мероприятий контроля самостоятельной работы и усвоения разделов или отдельных тем дисциплины. Далее изложены требования к завершающей аттестации – экзамену.

Помимо данного пособия, студентам следует использовать материалы, размещенные в соответствующем данной дисциплине разделе ЭИОС, в которые более оперативно вносятся изменения для адаптации дисциплины под конкретную группу.

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕТ), т. е. 180 академических часов контактной (лекционных занятий) и самостоятельной учебной работы студента, в т. ч. связанной с текущей и промежуточной (заключительной) аттестацией по дисциплине.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по семестрам ОП, темам и видам учебной работы студента приведено ниже.

Формы аттестации по дисциплине:

- очная форма, пятый семестр – зачет;
- очная форма, шестой семестр – курсовая работа, экзамен;
- заочная форма, пятый семестр – контрольная работа, зачет;
- заочная форма, шестой семестр – курсовая работа, экзамен.

Таблица 1 – Тематический план лекционных занятий по очной форме обучения

Номер п/п	Тема лекции	Объем работы, ч
1.	Основные понятия ТАУ, принципы построения и классификация САУ	10
2.	Линейные модели и характеристики САУ	10
3.	Анализ и синтез линейных моделей САУ	10
4.	Нелинейные модели САУ	10
5.	Дискретные и цифровые модели САУ	20
Итого		60

Таблица 2 – Тематический план лекционных занятий по заочной форме обучения

Номер п/п	Тема лекции	Объем работы, ч
1.	Основные понятия ТАУ, принципы построения и классификация САУ	2
2.	Линейные модели и характеристики САУ	4
3.	Анализ и синтез линейных моделей САУ	2
4.	Нелинейные модели САУ	4
5.	Дискретные и цифровые модели САУ	6
Итого		18

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Содержательно структура дисциплины представлена пятью тематическими блоками (темами).

Тема 1. Основные понятия ТАУ, принципы построения и классификация САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Основные понятия: объект управления, управляющее устройство, система управления, регулятор, алгебраический сумматор и др. Входные и выходные переменные. Цель управления и способы ее достижения. Законы управления.

Понятие передаточной функции по Лапласу и Фурье. Принципы регулирования без обратной связи, по отклонению и возмущению. Операторные схемы и их эквивалентные преобразования.

Назначение типовых испытательных сигналов. Их временные функции и переходные характеристики.

Классификация и назначение САУ: системы управления, регулирования, слежения и стабилизации. Другие виды классификаций САУ.

Рекомендуемая литература: [1] главы 1, 2, [2], [3]–[5].

Контрольные вопросы:

1. Что называется передаточной функцией по Лапласу?
2. Какие функциональные блоки входят в САУ?
3. Какой принцип работы САУ по отклонению?
4. Какой принцип работы САУ по возмущению?
5. Чем линейная система отличается от нелинейной?
6. Какое назначение типовых испытательных сигналов?

Тема 2. Линейные модели и характеристики САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Типовые динамические звенья, их временные и частотные характеристики, графики. Безынерционные (пропорциональные), апериодические, колебательные, интегрирующие, дифференцирующие и др. типовые звенья.

Рекомендуемая литература: [1] главы 1, 2, [2], [3]–[5].

Контрольные вопросы:

1. Какую передаточную функцию имеет пропорциональное звено?
2. Какую переходную функцию и график имеет пропорциональное звено?
3. Какую весовую функцию и график имеет пропорциональное звено?

4. По какой формуле рассчитывается амплитудно-фазочастотная характеристика (АФЧХ) пропорционального звена и как изображается ее график?

5. По каким формулам рассчитываются амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазочастотная характеристика (ФЧХ) пропорционального звена и как изображаются их графики?

Аналогичные вопросы задаются по другим типовым динамическим звеньям.

Тема 3. Анализ и синтез линейных моделей САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Устойчивость линейных систем. Устойчивость линейной системы: понятие устойчивости состояния, необходимое и достаточное условие устойчивости состояния, алгебраические и частотные критерии устойчивости (Гурвица, Михайлова, Найквиста); запасы устойчивости; влияние параметров модели на запас устойчивости; структурная устойчивость и неустойчивость. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Частотные критерии устойчивости для систем с запаздыванием.

Понятие и показатели качества управления. Аналитические и экспериментальные методы построения переходных процессов. Приближенное построение переходных процессов по частотным характеристикам системы. Прямые показатели качества. Корневые, частотные и интегральные показатели качества. Понятие об астатизме системы. Оценка точности автоматических систем.

Аналоговые регуляторы и их характеристики. Основные понятия о регуляторе. Типовые законы регулирования и их модели.

Понятие о синтезе линейных САУ.

Рекомендуемая литература: [1] глава 3, [2], [3].

Контрольные вопросы:

1. Что подразумевается под устойчивостью линейных САУ?
2. Как по корням характеристического уравнения оценивается устойчивость системы?
3. Что подразумевается под запасом устойчивости системы?
4. Какие системы называются астатическими?
5. Какие основные параметры настройки линейных ПИД-регуляторов?
6. Что называется синтезом линейных САУ?

Тема 4. Нелинейные модели САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Характеристики нелинейных систем. Понятие нелинейной системы: нелинейный объект, нелинейный регулятор. Особенности нелинейных систем. Модели нелинейных элементов.

Устойчивость нелинейных систем. Понятие устойчивости движения и состояния. Уравнения первого приближения, их линеаризация и использование для исследования устойчивости в малом (первый метод Ляпунова). Второй метод Ляпунова для исследования устойчивости движения в большом. Частотный метод определения абсолютной устойчивости В.М. Попова.

Исследование нелинейных систем. Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Основные положения метода, гармоническая линеаризация нелинейного элемента, определение параметров устойчивости и чувствительности периодических режимов. Нелинейные алгоритмы управления.

Рекомендуемая литература: [2], [3].

Контрольные вопросы:

1. Как выглядят амплитудные характеристики типовых релейных систем с гистерезисом и без него?
2. Какие методы используются для анализа нелинейных моделей систем?
3. В чем заключается суть метода гармонической линеаризации для оценки работы нелинейных моделей?

Тема 5. Дискретные и цифровые модели САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Квантование непрерывных сигналов по уровню, времени и по уровню и времени одновременно.

Математическое описание дискретных последовательностей (последовательности отсчетов, суммы взвешенных и задержанных единичных импульсов, решетчатой функции).

Базовые преобразования дискретных последовательностей. Решение разностных уравнений.

Принцип работы и математическое описание разомкнутых и замкнутых дискретных цепей.

Способы формирования дискретных сигналов.

Z-преобразование Лапласа.

Цифровая обработка сигналов.

Рекомендуемая литература: [1] глава 6, [2], [3].

Контрольные вопросы:

1. В чем суть квантования непрерывного сигнала по уровню?
2. В чем суть квантования непрерывного сигнала по времени?
3. Почему в АЦП используется принцип квантования непрерывного сигнала по уровню и времени?
4. Каким образом математически записываются типовые дискретные последовательности?
5. Какой вид имеет каноническая дискретная цепь?
6. Какой принцип работы сдвигового регистра?
7. Какой принцип решения разностных уравнений?

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине, а также работа в ЭИОС университета может проводиться в том числе в компьютерном классе (лаб. 143а, главный учебный корпус), оснащенный персональными компьютерами с выходом в сеть Интернет. В таблице 3 показано содержание СРС.

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и формы СРС

№	Вид (содержание) СРС	Кол-во часов		Форма контроля, аттестации
		очная форма	заочная форма	
1.	Освоение теоретического учебного материала	50	109	Текущий контроль: - контроль на лекциях
2.	Контрольная работа		10	Текущий контроль: - защита контрольной работы
3.	Курсовая работа	26,85	20,5	Текущий контроль: - защита курсовой работы
Итого		76,85	139,5	

В качестве задания для контрольной работы студентов заочной формы обучения выбираются (по указанию преподавателя) два вопроса из перечня контрольных вопросов по дисциплине (п. 6.2).

Задания для курсовой работы студентов выбираются из методических указаний на курсовое проектирование.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЙ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса по изучению дисциплины основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

В ходе изучения дисциплины внимание студентов постоянно акцентируется не только на теоретических аспектах ТАУ, но и их практическом применении в современных производствах. Для успешного освоения дисциплины необходимо ознакомиться с основными понятиями и методами анализа и синтеза автоматических систем, оценками их устойчивости и т. д.

В ходе лекционных занятий студенту следует вести конспектирование учебного материала. На лекциях изложению нового материала предшествуют обсуждение предыдущей темы с целью восстановления и закрепления студентами изученного теоретического материала и ответы на вопросы студентов. При проведении занятий в интерактивной форме важно участвовать в процессе обсуждения и решения поставленных задач.

В конце лекции выделяется время для ответов на вопросы по текущему материалу и его обсуждения. Для закрепления изученного материала, определения пробелов в знаниях студентов на лекциях проводится контроль (устный опрос). Активность студентов и проявленные знания при обсуждении материала и устном опросе учитываются при текущей и промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов призвана закрепить теоретические знания и практические навыки, полученные студентами на лекциях и проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать специальную литературу.

6. ТРЕБОВАНИЯ К АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Текущая аттестация

Текущая аттестация (текущий контроль) проводится с целью оценки освоения теоретического учебного материала, в том числе в рамках самостоятельной работы студента (п. 4).

Контроль на лекциях по отдельным темам используется для оценки освоения первой и второй тем дисциплины. Контроль производится в виде устного опроса.

Типовые контрольные вопросы для устного опроса на лекциях по отдельным темам:

Тема 1. Основные понятия ТАУ, принципы построения и классификация САУ

1. Какой принцип работы САУ по отклонению?
2. Какой принцип работы САУ по возмущению?
3. Чем линейная система отличается от нелинейной?
4. Какое назначение типовых испытательных сигналов?

Тема 2. Линейные модели и характеристики САУ

1. Какую передаточную функцию имеет пропорциональное звено?
2. Какую переходную функцию и график имеет пропорциональное звено?
3. Какую весовую функцию и график имеет пропорциональное звено?
4. По какой формуле рассчитывается амплитудно-фазочастотная характеристика (АФЧХ) пропорционального звена и как изображается ее график?

С целью контроля качества самостоятельной работы студентов очной формы запланированы выполнение и защита курсовой работы (6-й семестр). Система оценивания и критерии оценки курсовой работы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Система оценок и критерии оценки курсовых и контрольных работ

Система оценок Критерий	Процент правильных ответов			
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (может представить системно только некоторые знания)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

С целью контроля качества самостоятельной работы студентов заочной формы запланированы выполнение и защита контрольной (пятый семестр) и курсовой (шестой семестр) работ. Система оценивания и критерии оценки контрольной и курсовой работ приведены в таблице 4 (см. выше).

6.2. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная (заключительная) аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты:

- выполнившие и защитившие все лабораторные работы, предусмотренные данным положением (получившие положительную оценку по результатам лабораторного практикума);
- получившие положительную оценку по результатам выполнения практических занятий;
- имеющие положительную оценку («зачтено») по результатам устного опроса или письменного тестирования – для всех студентов группы;
- выполнившие контрольную работу (получившие оценку «зачтено» по контрольной работе) – для студентов заочной формы;
- выполнившие курсовую работу (получившие положительную оценку) – для студентов очной и заочной форм.

В случае отсутствия на более чем 30 % лекционных занятий для получения оценки «зачтено» студент должен ответить на один из

контрольных вопросов по дисциплине или успешно пройти тестирование (табл. 5).

Таблица 5 – Система оценок и критерии выставления оценки при прохождении тестирования или ответа на контрольные вопросы

Система оценок Критерий	Процент правильных ответов			
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (может представить системно только некоторые знания)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Примерный перечень контрольных вопросов

5-й семестр:

1. Математическое описание объектов, управляющих устройств и систем автоматического управления (САУ), в целом, с помощью алгебраических и дифференциальных уравнений 1-го и 2-го порядка и их решения. Примеры объектов управления.

2. Вывод передаточной функции на примере апериодического звена 1-го порядка.

$T \cdot \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \cdot x(t)$. Преобразования Лапласа. Понятие оригинала и изображения. Определение передаточной функции.

3. Понятие звена. Способы соединения звеньев (последовательное, параллельное и встречно-параллельное) и их общая передаточная функция.

4. Классификация автоматических систем.
5. Принцип разомкнутого управления (без обратной связи). Состав и назначение частей системы управления. Примеры систем.
6. Принцип управления по возмущению. Передаточная функция системы. Характеристика. Примеры систем.
7. Принцип управления по отклонению (с отрицательной обратной связью). Передаточная функция системы по Лапласу. Характеристика. Примеры систем.
8. Принцип комбинированного управления. Передаточная функция системы. Характеристика. Примеры систем.
9. Структурные преобразования операторных схем. Умножение выходов, перенос сумматора за звено и другие варианты упрощения схем.
10. Статические и динамические характеристики. Основные свойства. Примеры.
11. Типовые испытательные сигналы. Единичный скачок (функция Хевисайда), δ – функция (функция Дирака: идеальная и реальная), линейно-изменяющийся и единичный гармонический сигналы. Области определения аргументов и функций испытательных сигналов. Аналитическая запись испытательных сигналов и передаточные функции. Временные графики.
12. Переходная функция и характеристика. Показатели качества на переходной характеристике (время регулирования, постоянная времени процесса, длительности переднего и заднего фронта, перерегулирование, допуски, колебательность, статизм и др.).
13. Частотные передаточные функции по Фурье. Частотные передаточные функции, выраженные в алгебраической, тригонометрической и показательной форме.
14. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ). Аналитическое выражение. Графики характеристик и построение.
15. Метод построения асимптотических логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАЧХ).
16. Фазовая частотная характеристика (ФЧХ). Аналитическое выражение. Графики характеристик и построение.
17. Вещественные и мнимые частотные характеристики. Аналитическое выражение. Графики характеристик и построение.
18. Амплитудная фазочастотная характеристика (годограф Найквиста). Аналитическое выражение. Физический смысл годографа.

19. Типовое безынерционное (пропорциональное) звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

20. Инерционное звено 1-го порядка (апериодическое). Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

21. Инерционное звено 2-го порядка (апериодическое). Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

22. Инерционное звено 2-го порядка (колебательное). Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

23. Идеальное интегрирующее звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

24. Реальное интегрирующее звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

25. Идеальное дифференцирующее звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

26. Реальное дифференцирующее звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

27. Форсирующее звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

28. Консервативное звено. Уравнение, переходная функция и характеристика. Передаточная функция, АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ и АФЧХ.

29. Понятие об устойчивости системы. Алгебраические критерии устойчивости.

30. Частотные критерии устойчивости.

31. Метод расчета параметров ПИД регулятора Циглера-Николса.

32. Типовые релейные характеристики. Метод гармонической линеаризации.

6-й семестр:

1. Типовые нелинейные релейные элементы. Статические характеристики. Математическое описание статических характеристик.

2. Приведение 2-х последовательно соединенных нелинейных элементов к одному эквивалентному.

3. Кусочно-линейные характеристики. Название характеристик. Область использования.

4. Особенности нелинейных систем в сравнении с линейными.
5. Модель 2-х позиционного регулятора температуры воды в баке с использованием типовых релейных элементов. Принять модель объекта в виде апериодического звена 1-го порядка.
6. Модель 3-х позиционного регулятора с использованием типовых релейных элементов. Объект регулирования – выбрать самостоятельно. Сравнить 3-х позиционный регулятор с 2-х позиционным.
7. Метод гармонической линеаризации.
8. Квантование непрерывного сигнала по уровню. Пример использования такого вида квантования в технике.
9. Квантование (дискретизация) непрерывного сигнала по времени. Пример использования такого вида квантования в технике.
10. Квантование непрерывного сигнала по уровню и времени. Пример использования такого вида квантования в технике.
11. Аналитическая запись дискретной последовательности с помощью решетчатой функции. Период и частота дискретизации.
12. Аналитическая форма записи и графики дискретных испытательных сигналов единичной ступенчатой последовательности, единичного импульса и задержанного единичного импульса.
13. Аналитическая форма записи и графики дискретных экспоненциальных, синусоидальной и косинусоидальной последовательностей.
14. Способы и примеры аналитического представления дискретной последовательности методами последовательности отсчетов, суммы взвешенных и задержанных единичных импульсов, решетчатой функции.
15. Суть цифровой обработки сигналов. Формы записи двоичных, десятичных и шестнадцатеричных чисел и их формы записи и свойства. Пример применения чисел в технике.
16. Масштабирование дискретной последовательности. Аналитика, пример, график.
17. Смещение выходной дискретной последовательности вправо или влево. Аналитика, пример, график.
18. Разности дискретной последовательности. Аналитика, разностные уравнения разных порядков. Примеры.
19. Обратные разностные уравнения. Аналог дискретных разностей в уравнениях с непрерывными аргументами и функциями.
20. Решения разностных уравнений.

21. Сумма дискретной последовательности. Аналог сумм дискретных последовательностей в уравнениях с непрерывными аргументами и функциями.

22. Каноническая дискретная цепь общего вида с представлением в виде дискретной функции времени.

23. Пример разомкнутой дискретной цепи и составление разностного уравнения.

24. Пример разомкнутой дискретной цепи с построением графиков входной и выходной дискретной последовательности.

25. Пример расчета замкнутой дискретной цепи.

26. Назначение сдвигового регистра в дискретных цепях (Т-сдвиговый регистр).

27. Способ формирования дискретного сигнала из аналогового. Эффект поглощения частот.

28. Контур управления с АЦ- и ЦА-преобразователями. Пример квантователя сигналов с разрешением 8 бит.

29. Экстраполяция сигналов. Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов.

30. Z-преобразование Лапласа и Фурье. Суть Z-преобразования и практическая польза.

31. Пример применения Z-преобразования для δ -функции.

32. Пример применения Z-преобразования для дискретной функции единичного скачка.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Освоение дисциплины «Теория автоматического управления» является одним из основополагающих шагов к формированию будущего специалиста в области автоматизации технологических процессов и производств. Приобретенные в ходе изучения дисциплины знания, умения и навыки будут углубляться и совершенствоваться в процессе дальнейшего обучения и могут быть применены в профессиональной деятельности.

8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература:

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления: Учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 276 с.

2. Малафеев, С. И. Теория автоматического управления: Учебник / С. И. Малафеев. – М.: Академия, 2019. – 352 с.

3. Теория автоматического управления : учебник / Е. Э. Страшинин, А. Д. Заколяпин, С. П. Трофимов, А. А. Юрлова ; Минобрнауки России. – Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2019. – 456 с. (Учебник УрФУ). ISBN 978-5-7996-2788-1.

Дополнительная литература:

4. 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. – 3-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 464 с.: ил. (Учебники для вузов. Специальная литература).

5. Сердобинцев, С. П. Теория автоматического управления: оптимальные и адаптивные системы : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки: «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»; «Конструкторско-техническое обеспечение машиностроительных производств»; «Автоматизированные технологии и производства / С. П. Сердобинцев; Калининградский государственный технический университет. – Калининград : КГТУ, 2010. – 204 с.

Учебно-методические пособия:

6. Дуркин, В. В. Оформление текстовых и графических учебных документов в соответствии с требованиями ЕСКД: учебно-методическое пособие / В. В. Дуркин; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: НГТУ, 2019. – 60 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Интернет-ресурсы:

7. Учебники и учебные пособия:

- <http://lib-bkm.ru/publ/31-1-0-656>;
- <http://www.myshared.ru/slide/1196981/>;
- <http://electroprivod.ru/literatura.htm>;
- <http://list-of-lit.ru/avtomat/teoriya-avtomaticheskogo-upravleniya.htm>.

Локальный электронный методический материал

Александр Николаевич Румянцев

Теория автоматического управления

Редактор М. А. Дмитриева

Уч.-изд. л. 0,8. Печ. л. 1,2

Издательство Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1.