

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЭНИИ

Боровиков Ю.С.

«29» 05 2013 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТ**

Направление ООП: **140100 Теплоэнергетика и теплотехника**

Степень: **бакалавр**

Базовый учебный план приема: **2013 г.**

Курс **3, 4**, семестр **6, 7**

Количество кредитов: **10**

Код дисциплины: **БЗ.В.2.1**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч.	56
Практические занятия, ч.	64
Лабораторные занятия, ч.	—
Аудиторные занятия, ч.	120
Самостоятельная работа, ч.	168
ИТОГО, ч.	288

Вид промежуточной аттестации: **Экз., кп., диф.зач.**

Обеспечивающее подразделение: **Энергетический институт, кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов**

Заведующий кафедрой



Озерова И.П.

Руководитель ООП



Антонова А.М.

Преподаватель



Андык В.С.

Преподаватель



Цыганкова Ю.С.

2013 г.

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Теория автоматического управления и защит» заключается в формировании у студентов знаний и умений анализа и синтеза систем автоматического регулирования и управления технологическими процессами промышленных предприятий, а также в изучении принципов построения, состава, назначения, характеристик и особенностей применения средств технологических защит общепромышленного и отраслевого оборудования.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части БЗ.В профессионального цикла подготовки студентов по направлению ООП 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Дисциплине «Теория автоматического управления и защит» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- математика;
- физика;
- математические основы теории управления.

Содержание разделов дисциплины «Теория автоматического управления и защит» согласовано с содержанием дисциплины, изучаемой параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- технические измерения, приборы и средства автоматизации.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» освоение дисциплины «Теория автоматического управления и защит» направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 ОК-2, 12; ПК-7	31.2	природы, видов и форм коммуникаций, профессионального, социального и бытового общения	У1.2	анализировать логику рассуждений и высказываний	В1.2	публичной и научной речи
Р6 ПК-23	36.1	методов и средств познания, обучения, самоконтроля и интеллектуального, культурного, нрав-	У6.1	самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля	В6.1	выстраивания и реализации перспективных линий интеллектуального, культурного, нравственного, физиче-

		ственного, физического и профессионального саморазвития				ского и профессионального саморазвития и самосовершенствования
	36.2	научных основ организации труда	У6.2	критически оценивать свои достоинства и недостатки с необходимыми выводами, оценивать с большой степенью самостоятельности результаты своей деятельности	В6.2	организации самостоятельной работы
			У6.3	организовать свой труд на научной основе		
Р11 ОК-11, 15; ПК-1	311.1	сущности и значения информации в развитии современного общества	У.11.1	использовать основные методы, способы и средства получения, хранения и переработки информации для решения комплексных инженерных задач	В.11.1	получения, хранения и переработки информации
	311.2	основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки информации для решения комплексных инженерных задач			В.11.2	работы с компьютером как средством получения, обработки, создания новой информации и управления теплоэнергетическими процессами

В результате освоения дисциплины «Теория автоматического управления и защит» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Владеть методами анализа систем автоматического регулирования технологическими процессами.
РД2	Применять практические навыки по выбору структур и схем систем автоматического регулирования и управления, параметрической оптимизации регулирующих и управляющих устройств.
РД3	Знать основные элементы средств автоматизации технологических защит и блокировок.
РД4	Владеть способами построения технологических и аварийных защит в теплоэнергетике и атомной промышленности.

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Введение и общие положения

Автоматизация, ее цели, технико-экономическая эффективность и значение ее для развития современной энергетики и промышленного производства. Связь теории автоматического управления с другими дисциплинами специальности. Исторический путь развития теории автоматического управления. Понятие управления, цели управления, критерии качества управления, объекта управления, автоматической системы управления. Автоматическое регулирование. Классификация систем автоматического регулирования (АСР), элементы АСР. Задачи исследования систем управления и автоматического регулирования.

Раздел 2. Математический аппарат исследования систем автоматического управления

Понятие математической модели объекта управления. Уравнения динамики и статики. Линеаризация. Основные свойства преобразования Лапласа. Формы записи дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотные характеристики. Временные характеристики. Элементарные звенья и их характеристики. Структурные схемы, уравнения и частотные характеристики стационарных линейных систем.

Раздел 3. Устойчивость линейных систем автоматического управления

Понятие устойчивости. Общая постановка задач устойчивости по А.М. Ляпунову. Теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению. Условия устойчивости систем автоматического управления. Алгебраические критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости. Д-разбиение. Анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Устойчивость систем с запаздыванием и систем с иррациональными звеньями.

Раздел 4. Методы оценки качества регулирования линейных систем

Оценка качества переходного процесса при воздействии в виде ступенчатой функции. Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях. Оценка качества регулирования в установившихся режимах (коэффициенты ошибок). Корневые методы оценки качества переходных процессов. Частотные методы оценки качества регулирования.

Раздел 5. Параметрический синтез промышленных систем автоматического регулирования

Динамические свойства промышленных объектов регулирования. Типовые линейные законы регулирования. Устойчивость систем регулирования с типовыми регуляторами. О постановке и решении задач параметрического синтеза. Синтез АСР с применением интегральных оценок качества регулирования (выбор интегральной оценки, вычисление интегральных оценок, определение параметров АСР, минимизирующих интегральные оценки). Синтез АСР на основе корневых оценок качества регулирования. Частотные методы синтеза АСР.

Раздел 6. Нелинейные системы автоматического управления

Основные типы нелинейных систем, их характеристики. Изображение движений в фазовой плоскости. Автоколебания. Метод точечных преобразований. Системы с переменной структурой. Метод приспособывания «граничных значений». Приближенное исследование автоколебаний. Метод эквивалентной линеаризации. Метод гармонического баланса. Устойчивость в малом, большом и целом. Второй (прямой) метод Ляпунова. Абсолютная устойчивость. Критерий В.М. Попова.

Раздел 7. Технологические защиты и блокировки в теплоэнергетике

Определение и назначение системы технологических защит и блокировок (ТЗиБ). Состав и способы построения технологических и аварийных защит в теплоэнергетике. Структурные схемы защит. Диагностика технологических защит. Тепловые защиты барабанных котельных агрегатов. Тепловые защиты прямоточных котельных агрегатов. Тепловые защиты турбин и вспомогательного оборудования. Назначение и типы технологической сигнализации. Технологические защиты ядерного реактора.

Содержание раздела практических занятий по дисциплине

1. Математическое описание элементов систем автоматического управления. Дифференциальные уравнения элементов систем автоматического управления.
2. Временные характеристики систем.
3. Простейшие методы идентификации систем.
4. Передаточные функции и частотные характеристики звеньев и систем.
5. Исследование устойчивости систем с помощью критериев Рауса, Гурвица, Льенара-Шипара.
6. Исследование устойчивости систем с помощью критериев Михайлова и Найквиста.
7. Построение областей устойчивости. Д-разбиение.

8. Построение переходных процессов в линейных системах автоматического управления. Метод трапеций.
9. Параметрический синтез линейных систем регулирования корневым методом с применением РАФЧХ.
10. Параметрический синтез линейных систем регулирования с оценкой запаса устойчивости по максимуму АЧХ.
11. Нелинейные системы. Гармоническая линеаризация нелинейных элементов. Метод гармонического баланса.

КУРСОВАЯ РАБОТА

Тема работы

«Расчет одноконтурной системы автоматического регулирования»

Содержание работы

Расчетно-пояснительная записка

1. Постановка задачи. Исходные данные.
2. Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР.
3. Определение оптимальных параметров настройки регулятора.
4. Расчет, построение и оценка качества переходного процесса в замкнутой АСР при возмущении, идущем по каналу регулирующего воздействия.

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности инженеров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических и лабораторных занятий с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий.

Сочетания методов и форм организации обучения по дисциплине отражены в таблице 3.

Таблица 3

Сочетания методов и форм организации обучения по дисциплине

Методы	ФОО	ЛК	ПР	СРС
ИТ-методы		+		+
Работа в команде				
Методы проблемного обучения			+	+
Обучение на основе опыта		+		+
Опережающая самостоятельная работа				+
Поисковый метод			+	+
Исследовательский метод				+

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;
- подготовка к коллоквиуму и зачету.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

6.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- устный опрос при сдаче выполненных индивидуальных заданий;
- отчет по результатам анализа научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
<i>Выполнение и защита практических работ</i>	РД1, РД2, РД3, РД4
<i>Выполнение и защита курсовой работы</i>	РД1, РД2, РД3, РД4
<i>Коллоквиум</i>	РД1, РД2, РД3, РД4
<i>Зачет, экзамен</i>	РД1, РД2, РД3, РД4

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств).

Перечень вопросов текущего контроля

1. Классификация систем автоматического регулирования (АСР).
2. Задачи исследования систем управления и автоматического регулирования.
3. Понятие математической модели объекта управления.
4. Уравнения динамики и статики. Линеаризация.
5. Основные свойства преобразования Лапласа.
6. Формы записи дифференциальных уравнений.
7. Передаточные функции.
8. Частотные характеристики.
9. Временные характеристики.
10. Элементарные звенья и их характеристики.
11. Структурные схемы, уравнения и частотные характеристики стационарных линейных систем.
12. Понятие устойчивости.
13. Общая постановка задач устойчивости по А.М. Ляпунову.
14. Теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению.
15. Условия устойчивости систем автоматического управления.
16. Алгебраические критерии устойчивости.
17. Частотные критерии устойчивости.
18. Д-разбиение.
19. Оценка качества переходного процесса при воздействии в виде ступенчатой функции.
20. Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях.
21. Оценка качества регулирования в установившихся режимах (коэффициенты ошибок).
22. Корневые методы оценки качества переходных процессов.
23. Частотные методы оценки качества регулирования.
24. Динамические свойства промышленных объектов регулирования.
25. Типовые линейные законы регулирования.
26. Устойчивость систем регулирования с типовыми регуляторами.
27. О постановке и решении задач параметрического синтеза.

28. Синтез простейших АСР (синтез АСР 1-го порядка, синтез АСР 2-го порядка). Синтез АСР с применением интегральных оценок качества регулирования (выбор интегральной оценки, вычисление интегральных оценок, определение параметров АСР, минимизирующих интегральные оценки).
29. Синтез АСР с помощью корневых оценок качества регулирования.
30. Частотные методы синтеза АСР.
31. Параметрический синтез АСР при заданном показателе колебательности.
32. Основные типы нелинейных систем, их характеристики.
33. Изображение движений в фазовой плоскости.
34. Автоколебания.
35. Метод припасовывания «граничных значений».
36. Приближенное исследование автоколебаний.
37. Метод эквивалентной линеаризации.
38. Метод гармонического баланса.
39. Устойчивость в малом, большом и целом. Второй (прямой) метод Ляпунова. Абсолютная устойчивость. Критерий В.М. Попова.
40. Назовите отличие системы ТЗиБ от АСУ ТП. Перечислите основные задачи, которые решает система ТЗиБ.
41. Дайте определение системе ТЗиБ, перечислите требования к системе ТЗиБ.
42. Что понимается под составом защит и чем он определяется (от чего зависит)?
43. Дайте определение диагностики защит, опишите процедуру диагностики, назовите основной ее недостаток.
44. Перечислите известные вам схемы защит и блокировок, дайте их краткое описание, отметьте основные достоинства и недостатки каждой схемы.
45. С какой целью используют аварийные защиты в системах автоматизации?

Перечень вопросов итогового контроля

1. Уравнения динамики и статики систем автоматического управления. Линеаризация.
2. Д-разбиение по двум параметрам.
3. Критерий устойчивости Гурвица.
4. Линеаризовать дифференциальное уравнение системы.
5. Фундаментальные принципы управления.
6. Критерий устойчивости Гурвица.
7. Прямые оценки (критерии) качества переходных процессов.
8. Основные свойства преобразования Лапласа.
9. Критерий устойчивости Найквиста.
10. Критерий устойчивости Михайлова.

11. Структурные преобразования систем (перенос узлов и сумматоров).
12. Частотные и временные характеристики систем управления.
13. Определение переходных процессов в АСР путем решения дифференциальных уравнений.
14. Прямые критерии качества переходных процессов.
15. Принцип аргумента.
16. Соединения звеньев.
17. Интегральные оценки качества переходных процессов.
18. Передаточные функции.
19. Статика. Коэффициенты ошибок.
20. Понятие об устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости.
21. Определение переходного процесса по ВЧХ системы.
22. Частотные характеристики (основные понятия).
23. Оценка запасов устойчивости по модулю и по фазе.
24. Аперриодическое звено и его характеристики.
25. Интегрирующее звено и его характеристики.
26. Структурные преобразования систем.
27. Д-разбиение по двум параметрам.
28. Метод трапеций.
29. Реальное дифференцирующее звено и его характеристики.
30. Временные характеристики систем. Уравнение свертки.
31. Прямые оценки качества переходных процессов.
32. Статические характеристики соединений нелинейных элементов.
33. Параметрический синтез АСР, минимизирующий интегральные оценки.
34. Метод эквивалентной линеаризации нелинейных систем.
35. Метод фазовых траекторий в исследовании нелинейных систем.
36. Метод изоклин.
37. Параметрический синтез АСР на основе корневых оценок качества регулирования.
38. Частотный метод исследования устойчивости нелинейных систем В.М. Попова.
39. Гармоническая линеаризация нелинейных элементов.
40. Параметрический синтез АСР первого порядка.
41. Параметрический синтез АСР, обеспечивающий заданный показатель колебательности (метод В.Я. Ротача).
42. Метод гармонического баланса Гольдфарба.
43. Соединения нелинейных элементов.
44. Построение областей заданных значений показателя колебательности плоскости АФЧХ разомкнутой системы.
45. Корневые оценки качества систем регулирования.
46. Частотные оценки качества систем регулирования.
47. Построение переходных процессов по фазовым траекториям нелинейных систем.

48. Диаграмма равных значений АЧХ замкнутой системы в плоскости АФЧХ разомкнутой системы.
49. Метод изоклин.
50. Корневой метод параметрического синтеза систем регулирования (на основе РАФЧХ).
51. Структурные схемы защит. Требования к защитам.
52. Перечислите тепловые защиты барабанных котельных агрегатов. Укажите схему каждой защиты и результаты ее действия.
53. Дайте определение исполнительного механизма, обладающего памятью не обладающего памятью. Что характеризует позиционность исполнительного механизма?
54. Перечислите тепловые защиты прямоточных котельных агрегатов. Укажите схему каждой защиты и результаты ее действия.
55. Перечислите технологические защиты турбин. Укажите схему каждой защиты и результаты ее действия.
56. Назначение технологической сигнализации, классификация ТС по назначению, типы ТС.
57. Перечислите требования к системе технологических защит ядерного реактора. Укажите наиболее распространенную схему защит ядерного реактора.
58. Перечислите возможные причины срабатывания автоматических защит ядерного реактора. Опишите процесс останова ядерного реактора.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. Учебное пособие. 2-е изд., испр., доп. СПб.: Лань, 2014.– 424 с.
2. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. 2-е изд. СПб.: Лань, 2010.– 624 с.
3. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления. 3-е изд. СПб.: Лань, 2010.– 224 с.
4. Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB. 2-е изд. СПб.: Лань, 2011.– 464 с.
5. В.И. Иванов Математические основы теории оптимального и логического управления : учебное пособие / В. А. Иванов, В. С. Медведев. — Москва: Изд-во МГТУ, 2011. — 599 с.: ил.. — Библиогр.: с. 590. — Предметный указатель: с. 591-596.. — ISBN 978-5-7038-3366-7.

Дополнительная

1. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. М.:Энергия, 1973.– 440с.
2. Стефани Е.П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов. Изд. 2-е, перераб. - М.: Энергия, 1972. - 376 с.

Перечень методических указаний и пособий

1. Андык В.С. Лабораторный практикум по дисциплине “Теория автоматического управления” для студентов специальности 210200. Томск, изд. ТПУ, 2013.
2. Андык В.С. Теория автоматического управления. Учебное пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2013.– 109 с.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

1. Научная электронная библиотека eLibrary.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: elibrary.ru, свободный. – Загл. с экрана.
2. Библиографическая и реферативная база данных Scopus [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scopus.com/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Реферативная база научных публикаций Web of Science [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&SID=W2H5mTQbBncz1b38pix&search_mode=GeneralSearch, свободный. – Загл. с экрана.

4. Дискуссионный клуб специалистов АСУ ТП [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://asutpforum.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Автоматизация в промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avtprom.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Автоматизация и современные технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mashin.ru/eshop/journals/avtomatizaciya_i_sovremennye_tehnologii/, свободный. – Загл. с экрана.
7. Автоматизация процессов управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://apu.promars.com/ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Промышленные АСУ и контроллеры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://asu.tgizd.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Современные технологии автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cta.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

Используемое программное обеспечение:

1. MATLAB R2008;
2. MATHCAD;
3. TAULAB;
4. MBTU;
5. Microsoft Office.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Класс ПЭВМ, укомплектован компьютерами Intel Celeron 440	Ауд. 28, 4 уч. корпус ТПУ, 10 шт.
2	Класс ПЭВМ, укомплектован компьютерами Simatic	Ауд. 111, 4 уч. корпус ТПУ, 8 шт.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки 140100 Теплоэнергетика и теплотехника.

Программа одобрена на заседании кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов ЭНИН ТПУ (протокол №24 от «28» 05. 2013 г.).

Автор:

доцент каф. АТП ЭНИН  Андык В.С.

 Цыганкова Ю.С.

Рецензент:

доцент каф. АТП ЭНИН  Кравченко Е.В.