

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рябцев Владимир Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 15.02.2021 13:57:42

Уникальный программный ключ:

937d0b737ee35db03895d495a275a8aac5224805

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Технологический институт-

филитал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ТИ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

ОДОБРЕНО

Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ

протокол № 5 от «31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Направление

подготовки

27.03.04 Управление в технических системах

Профиль подготовки

Информационные технологии и аппаратные

средства управления в технических системах

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

Форма обучения

Очная

Форма обучения	Очная		Итого
	5сем.	6сем.	
Трудоемкость, кред.	3	3	6
Объём учебных занятий в часах	108	108	216
- аудиторные занятия:	64	64	128
- лекций	32	32	64
- практических	16	16	32
- лабораторных	16	16	32
В форме практической подготовки	16	16	32
- самостоятельная работа	8	8	16
Форма отчётности – экзамен	36	36	72

Лесной 2021

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Теория автоматического управления» направлена на получение профессиональных компетенций связанных с аспектами анализа и синтеза систем автоматического регулирования и управления.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины «Теория автоматического управления» заключается в формировании у студентов знаний и умений анализа и синтеза систем автоматического регулирования и управления.

Задачи дисциплины:

Данная дисциплина обеспечивает овладение методологией управления, общими принципами построения систем автоматического управления, методами их анализа и синтеза.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в обязательную часть ОС ВО НИЯУ МИФИ «Управление в технических системах» профиля подготовки бакалавров «Информационные технологии и аппаратные средства управления в технических системах».

Для изучения дисциплины необходимы знания и умения, сформированные у обучающихся в результате освоения следующих дисциплин: математика, электротехника, электроника.

Входные компетенции учебной дисциплины:

Код компетенции	Компетенция
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах
ОПК-1	Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики
ОПК-3	Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности

ОПК-7	Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления
-------	--

Изучение дисциплины необходимо для дальнейшего изучения таких дисциплин, как «Технические средства автоматизации и управления», «Конструирование технических средств контроля и управления», «Информационно-управляющие системы»

Указанные связи и содержание дисциплины «Теория автоматического управления» дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии ОС ВО НИЯУ МИФИ, что обеспечивает соответственный теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения будущей деятельности бакалавра.

3. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Теория автоматического управления» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-4	Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов
ОПК-9	Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
ПК-1	Способен осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности работы систем управления

Индикаторами достижения компетенций являются:

Код компетенции	Код индикатора	Индикатор
ОПК-4	З-ОПК-4 У-ОПК-4 В-ОПК-4	Знать: типовые критерии оценки эффективности как технических систем, так и производственного процесса Уметь: правильно интерпретировать результаты анализа эффективности полученных результатов Владеть: методиками анализа устройств и систем по техническим и экономическим критериям
ОПК-9	З-ОПК-9 У-ОПК-9 В-ОПК-9	Знать: фундаментальные законы природы, а также физики и математики Уметь: самостоятельно проводить экспериментальные исследования Владеть: методиками обработки результатов с применением современных информационных технологий и технических

		средств
ПК-1	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1	Знать: методы исследования систем и элементов систем Уметь: Систематизировать полученные данные, составлять описание проводимых исследований, подготавливать данные для составления обзоров и отчетов, обосновывать принимаемые проектные решения, выполнять эксперименты по проверке корректности решений Владеть: навыками построения моделей объектов Профессиональной деятельности с использованием Инструментальных средств, навыками тестирования, отладки и верификации

4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Код	Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих:	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
B16	Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для формирования навыков владения эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания (методики ТРИЗ, морфологический анализ, мозговой штурм и др.), культуры инженера-разработчика через организацию проектной, в том числе самостоятельной работы обучающихся с использованием программных пакетов.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- лабораторные работы – совместная деятельность малых групп студентов (до 3-х человек), которая дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия).

Перечисленные мероприятия направлены на:

- формирование у студента культуры исследовательской и инженерной деятельности

- выявление путей решения поставленных задач, поиск нестандартных решений, определения и расставления приоритетов в решении конструкторских задач;
- развитие навыков анализа различных сторон конструкторской деятельности направленной на получение экономически выгодных решений;
- формирование у студента ответственности за принятие решений;
- формирование у студентов трудовой мотивации и активной профессиональной позиции, личного трудолюбия;
- развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 час.

№ п/ п	РАЗДЕЛ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	НЕДЕЛЯ СЕМЕСТРА	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Обязат. текущий контроль успеваемости (форма, неделя)	Аттестация раздела (форма, неделя)	Максимальн ый балл за раздел
			Лекции	практическая работа	лабораторные работы	Самостоятельная работа			
5 семестр									
1	Математическое описание САУ	1-8	16	8	8	4	Т_1 (7 нед. - 10), ЛР_1 (6 нед. – 10 б), ЛР_2 (8 нед. – 10 б)	КИ_1 (8 нед.)	30
2	Устойчивость, точность, качество процесса управления САУ.	9-18	16	8	8	4	Т_2 (16 нед. - 10), ЛР_3 (10 нед. – 10 б), ЛР_4 (12 нед. – 10 б)	КИ_2 (18 нед.)	30
	Экзамен								40
	Итого		32	16	16	8			100
6 семестр									
1	Анализ линейных и нелинейных САУ	1-9	8	8	8	12	Т_3 (7 нед. - 10), ЛР5 (6 нед. – 10 б), ЛР6 (8 нед. – 10 б), ЛР7 (10 нед. – 10 б)	КИ_1 (9 нед.)	40
2	Импульсные и цифровые САУ	10-17	8	8	8	12	Т_4 (16 нед. – 10 б), ЛР8 (12 нед. – 10 б)	КИ_2 (17 нед.)	20

	Экзамен							40
	Итого		16	16	16	24		100

Наименование тем и содержание лекционных занятий

Раздел 1 (5 семестр)

Тема 1. Основные понятия теории автоматического управления.

Краткий исторический очерк возникновения и развития теории автоматического управления. Предмет и задачи теории автоматического управления. Понятия: объект управления, регулятор, регулируемая величина, внешние воздействия. Принципы построения и типовые функциональные схемы систем автоматического управления (САУ). Задачи и типы САУ. Примеры простейших САУ.

Тема 2. Анализ статических режимов САУ.

Понятие о статических и динамических режимах работы САУ. Математическое описание элементов САУ в статике. Статические и астатические элементы САУ. Цели анализа статики замкнутых САУ. Режим стабилизации и режим воспроизведения в статических и астатических САУ. Линейный анализ статики САУ в режимах стабилизации и воспроизведения.

Тема 3. Формы математического описания динамических режимов.

Дифференциальные уравнения. Линеаризация дифференциальных уравнений. Операторная запись дифференциальных уравнений, передаточная функция и структурная схема элемента САУ. Вычисление выходного сигнала элемента САУ по заданному входному классическим и операторным методами. Описание динамики во временной области, типовые входные сигналы, переходная и весовая функции динамического звена. Математическое описание динамики в частотной области. Реакция линейного динамического звена на гармонический входной сигнал, комплексный передаточный коэффициент, частотные характеристики.

Тема 4. Типовые динамические звенья и их характеристики.

Понятие элементарного динамического звена. Перечень элементарных динамических звеньев. Динамические характеристики элементарных и простых звеньев первого порядка. Динамические характеристики колебательного звена и других звеньев второго порядка. Характеристики звена транспортного запаздывания.

Тема 5. Математическое описание динамики замкнутых САУ.

Структурные схемы САУ. Эквивалентные преобразования структурных схем. Типовая структурная схема замкнутой САУ. Построение частотных характеристик разомкнутых САУ.

Раздел 2 (5 семестр)

Тема 6. Устойчивость линеаризованных САУ.

Требования к процессу управления. Понятие устойчивости. Связь устойчивости с корнями характеристического уравнения. Необходимое условие устойчивости. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста для амплитудно-фазовой частотной характеристики и для логарифмических частотных характеристик. Устойчивость систем с запаздыванием. Определение критических значений параметров САУ и выделение областей устойчивости. Запасы устойчивости. Метод D-разбиения.

Тема 7. Точность САУ.

Установившиеся ошибки статических и астатических САУ в типовых режимах. Установившиеся ошибки при произвольных воздействиях, метод коэффициентов ошибок.

Тема 8. Качество процесса управления в линейных САУ.

Прямые оценки качества. Методы определения переходной функции. Приближенные и сравнительные оценки качества по вещественной частотной характеристике. Приближенные оценки качества приведением к инерционному или колебательному звену. Косвенные оценки качества: частотные, корневые, интегральные.

Тема 9. Стабилизация и коррекция линейных САУ.

Постановка задачи синтеза корректирующего устройства. Понятие последовательной и параллельной коррекции, условие их эквивалентности. Амплитудная и фазовая коррекция. Синтез корректирующего устройства по логарифмическим частотным характеристикам. Выбор параметров корректирующих звеньев по запасам устойчивости. Способы технической реализации корректирующих устройств.

Раздел 1. (6 семестр)

Тема 10. Случайные процессы в линейных САУ.

Стационарные случайные процессы. Корреляционная функция и спектральная плотность стационарных процессов. Прохождение случайного сигнала через линейную систему. Точность САУ при стационарных случайных воздействиях. Определение передаточной функции оптимального фильтра.

Тема 11. Математическое описание нелинейных САУ.

Понятие о нелинейных системах автоматического управления (НСАУ). Особенности НСАУ. Математическое описание статических и динамических свойств элементов НСАУ. Математическое описание НСАУ в нормальной форме Коши. Приведение внешних воздействий к эквивалентным начальным условиям. Пространство состояний НСАУ.

Тема 12. Метод фазовой плоскости.

Фазовая плоскость и ее свойства. Способы построения фазового портрета: прямое решение системы дифференциальных уравнений, вывод уравнения фазовой траектории, метод изоклин. Способы оцифровки фазовых траекторий по времени. Поведение НСАУ при малых отклонениях от состояния равновесия. Отличия фазовых портретов НСАУ от портретов линейных систем. Построение фазовых портретов кусочно-линейных систем на примере релейной САУ, многолистная фазовая плоскость. Скользящие режимы в релейных САУ. Понятие о САУ с переменной структурой. Анализ автоколебаний методом точечных преобразований. Применение вычислительной техники для исследования НСАУ.

Тема 13. Теория устойчивости нелинейных САУ.

Понятие возмущенного и невозмущенного движения. Понятие устойчивости по А.М. Ляпунову и различные ее типы. Первый метод Ляпунова. Связь устойчивости линейных и нелинейных САУ. Функции Ляпунова и прямой метод анализа устойчивости состояния равновесия. Абсолютная устойчивость, критерий В.М.Попова.

Тема 14. Метод гармонической линеаризации.

Предпосылки метода гармонической линеаризации (ГЛ). Формы приближенного математического описания нелинейных элементов по методу ГЛ. Коэффициенты гармонической линеаризации и методика их определения. Оценка амплитуды, частоты и устойчивости автоколебаний методом ГЛ в случаях однозначной и неоднозначной нелинейности.

Раздел 2 (6 семестр)

Тема 15. Импульсные и цифровые САУ.

Понятие о дискретных САУ. Виды импульсной модуляции. Типовая функциональная и расчетная схемы импульсной системы. Математическое описание импульсного элемента в случае амплитудно-импульсной модуляции. Понятие о решетчатой функции и ее дискретных интегральных преобразованиях. Свойства дискретных преобразований. Дискретная передаточная функция разомкнутой импульсной САУ (понятие и вычисление). Дискретная структурная схема импульсной системы. Определение реакции импульсной системы на заданный входной сигнал. Способы анализа устойчивости импульсных САУ. Качество процессов управления в импульсных системах. Коррекция импульсных САУ и способы ее реализации. Понятие о цифровых САУ. Решетчатая весовая и решетчатая переходная функции импульсной САУ и связь между ними. Конечные и минимальной длительности переходные процессы в импульсных системах, оптимальная коррекция. Частотные характеристики импульсных САУ, условие эквивалентности

импульсной и непрерывной системы. Проблема выбора величины периода квантования.

Тема 16. Метод пространства состояний в теории управления.

Векторно-матричная форма записи уравнений состояния линейной системы. Примеры описания объектов в пространстве состояний. Замена базиса, характерный вид матриц системы в различных базисах. Характеристическое уравнение стационарной системы. Решение линейного уравнения состояния. Методы вычисления переходной матрицы. Свойства матрицы состояния. Уравнения состояния непрерывного объекта при дискретном управлении. Решение дискретного уравнения состояния. Управляемость и наблюдаемость. Линейная обратная связь по состоянию. Модальное управление. Наблюдатели состояния. Синтез линейной системы с асимптотическим наблюдателем состояния.

Тема 17. Оптимальные САУ.

Постановка задачи оптимального управления, критерии оптимизации. Классические направления теории оптимальных процессов: вариационные методы, принцип максимума, динамическое программирование. Системы, оптимальные по быстродействию. Теорема об интервалах, определение моментов переключения, синтез функции переключения. Системы, оптимальные по расходу энергии и особенности их синтеза. Системы, оптимальные по квадратичному критерию. Уравнение Риккати, его свойства и способы решения.

Тема 18. Адаптивные САУ.

Целевые условия и уравнения адаптивных САУ. Алгоритмы адаптивного управления. Системы с алгоритмами прямого адаптивного управления. Системы идентификационного типа. Дискретные адаптивные САУ.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Традиционные занятия: лекции, лабораторные и практические занятия

Активные и интерактивные формы проведения занятий.

Занятия в интерактивной форме включают:

– лабораторные работы – совместная деятельность малых групп студентов (до 3-х человек), которая дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия);

Лекционные и практические занятия.

В начале каждой лекции методом «мозгового штурма» студентам

предлагается повторить пройденный материал. На практических занятиях студентам предлагаются конкретные ситуации и задачи, для которых путем коллективного обсуждения требуется найти оптимальное решение.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, выполнение домашних заданий и оформление отчетов по лабораторным работам.

Темы лабораторных занятий

1. Изучение программного обеспечения для моделирования САУ (MathLab).
2. Исследование характеристик типовых динамических звеньев.
3. Устойчивость линейных систем автоматического управления
4. Исследование влияния параметров типовых звеньев на качество переходных процессов линейной САУ
5. Исследование типовых нелинейных звеньев.
6. Исследование релейных систем методом фазовой плоскости.
7. Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса.
8. Изучение традиционных методов синтеза цифровых регуляторов.

Темы практических занятий

1. Составление математического описания элементов САУ.
2. Определение реакции динамического звена на входное воздействие.
3. Вычисление динамических характеристик звеньев САУ.
4. Построение частотных характеристик разомкнутых САУ.
5. Анализ устойчивости САУ.
6. Построение переходной функции замкнутой САУ и анализ качества переходного процесса.
7. Исследование релейной САУ методом фазовой плоскости.
8. Анализ автоколебаний методом точечных преобразований.
9. Анализ автоколебаний методом гармонической линеаризации.
10. Исследование импульсной САУ с помощью Z-преобразования.
11. Синтез корректирующего устройства из условия минимальной конечной длительности переходного процесса и астатизма импульсной САУ.
12. Анализ линейной системы в пространстве состояний.
13. Синтез модального управления с асимптотическим наблюдателем.
14. Синтез системы, оптимальной по быстродействию.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используются тесты и лабораторные работы по пройденным темам. Средства оценки представлены в соответствующем фонде оценочных средств по дисциплине «Теория автоматического управления».

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В конце 5 и 6 семестра проводится экзамен.

На экзамене студенту предлагается ответить в устной форме на теоретические вопросы. Критерии оценки приведены в соответствующем фонде оценочных средств по дисциплине «Теория автоматического управления».

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Съянов С.Ю. Теория линейных систем автоматического управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Ю. Съянов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 166 с. — 978-5-4486-0166-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70783.html>

2. Барметов Ю.П. Теория автоматического управления. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.П. Барметов, Е.А. Балашова, В.К. Битюков. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 208 с. — 978-5-00032-293-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74020.html>

Дополнительная литература

1. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М., Наука, 1989 г.

2. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. М., Наука, 1988 г.

3. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления. М., Машиностроение, 1986 г.

4. Решетняк, Е. П. Синтез систем автоматического управления в биотехнологии методом стандартных коэффициентов / Е. П. Решетняк, М. Б. Рыбин, Т. В. Лямина. — Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2006. — 17 с. — Текст :

электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/8158.html> (дата обращения: 22.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

5. Городко, С. И. Теория автоматического управления. Учебно методическое пособие для лабораторных работ/С. И. Городко, Н.А. Капанов, Н.А. Стасевич. – Минск: БГУИР, 2015. –86 с. : ил.

Методические материалы

1. Анализ статических режимов в системах автоматического управления (методические указания к выполнению домашнего задания №1 по курсу "Теория автоматического управления"). Изд. ПИЛ МИФИ, 1998 г.

2. Семенин Н.Ф. Методы анализа устойчивости линейных систем автоматического регулирования. Изд. МИФИ-3, 1988 г.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы:

проектор Nec + экран (настенный)

Компьютер: процессор IntelPentium 4; оперативная память 4GBDDR3; монитор ЖК Benq 19,5”, клавиатура, мышь

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ (<http://stud.mephi3.ru/>)

Каждый студент имеет доступ к электронно-библиотечной системе IPRbooks.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах».

Автор: А.А. Романова, С.И. Сивков, к.т.н.