

ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ПИСЬМЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ

Дисциплина «Управление в технических системах».

Основные понятия системы автоматического управления (объект управления, управляющее устройство, блок-схема системы управления). Разомкнутые и замкнутые системы управления. Классические принципы управления: по отклонению, по возмущению, комбинированное управление. Классификация систем управления: системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы. Пример системы стабилизации скорости вращения электродвигателя. Обобщенная функциональная схема системы управления и основные ее элементы.

Два подхода к описанию математической модели объекта управления. Пример нелинейной математической модели объекта управления в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Линеаризация статических нелинейных элементов, заданных графически и аналитически. Описание динамики и статики линейных объектов управления в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Графическое изображение уравнений линейной системы в переменных состояния (диаграмма состояния Калмана) на примере системы второго порядка. Обоснование неединственности вектора состояния для линейной динамической системы. Переход от одного вектора состояния линейных динамических систем к другому. Метод получения описания в переменных состояния динамики линейной системы с передаточной функцией без нулей и с передаточной функцией общего вида.

Преобразование Лапласа: понятие и свойства. Изображение по Лапласу линейного дифференциального уравнения. Нахождение реакции линейной системы на произвольное входное воздействие с помощью преобразования Лапласа. Понятие передаточной функции системы и ее свойства. Нахождение передаточной функции линейной системы по уравнениям в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Частотные и временные характеристики системы: виды и их связь. Связь входа и выхода линейной динамической системы через ее временные характеристики. Виды соединений систем: последовательное, параллельное и охват обратной связью. Правила преобразования структурных схем систем управления.

Понятие и виды типовых звеньев автоматических систем: идеальное усилительное звено и звено запаздывания; апериодическое и колебательное звенья; дифференцирующее и интегрирующее звенья; форсирующие звенья. Понятие и особенности минимально- и неминимальнофазовых звеньев. Построение логарифмических характеристик систем управления.

Понятие устойчивости автоматических систем. Определение устойчивости динамической системы по Ляпунову. Теоремы Ляпунова об устойчивости нелинейных систем по уравнениям первого приближения (первый метод Ляпунова). Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных систем. Понятие критериев устойчивости линейных систем. Алгебраические критерии устойчивости: критерии устойчивости Рауса, Гурвица, Ляенара-Шипара. Понятие принципа аргумента Коши. Частотные критерии устойчивости: критерии устойчивости Михайлова и Найквиста. Понятие структурной устойчивости автоматической системы. Метод D-разбиения Наймарка.

Понятие качества автоматических систем. Качество системы управления в установившемся режиме. Коэффициенты ошибок и расчет ошибки управления. Расчет установившейся ошибки управления для типовых задающих воздействий. Статические и астатические системы управления. Качество системы управления в переходном режиме. Прямые показа-

тели качества процесса управления. Косвенные показатели качества процесса регулирования: частотные, корневые и интегральные.

Задача синтеза системы управления: структурный, параметрический и структурно-параметрический синтез. Постановка задачи синтеза корректирующих устройств. Виды корректирующих устройств, их особенности и эквивалентный пересчет последовательного в параллельное, либо в местную обратную связь. Методы коррекции динамических характеристик системы управления: изменение коэффициента усиления системы, введение производной и интеграла от ошибки.

Построение системы регулирования с использованием ПИД-регулятора. Параллельная и стандартная математическая форма описание ПИД-регуляторов. Физический смысл каждой компоненты ПИД-регуляторов и их влияние на характеристики качества системы регулирования. Методы настройки ПИД-регуляторов: методы правил Циглера-Николса, оптимизационные методы. Модифицированные ПИД-регуляторы: ПИ-Д регулятор, И-ПД регулятор. Методы настройки, достоинства и недостатки модифицированных ПИД-регуляторов. Особенности реализации ПИД-регуляторов на практике.

Постановка задачи синтеза модальных регуляторов. Линейная обратная связь по состоянию, моды линейной стационарной динамической системы. Матричный и полиномиальный (операторный) методы синтеза модального регулятора для одноканальных объектов в условиях полной информации о состоянии объекта. Постановка задачи синтеза наблюдающих устройств. Метод синтеза полного (нередуцированного) наблюдающего устройства. Понятие и особенности синтеза редуцированного наблюдающего устройства. Принцип разделения в задаче синтеза модального регулятора в условиях отсутствия полной информации о состоянии объекта. Особенности задачи синтеза модального регулятора для объектов с векторным входом. Метод синтеза одноранговых модальных регуляторов для многомерных объектов. Итерационный метод синтеза модальных регуляторов для многомерных объектов. Идея управления нулями одноканального динамического объекта. Возможные подходы к управлению передаточной функцией (нулями и полюсами) одноканального динамического объекта. Понятие чувствительности автоматической системы. Понятие инвариантности автоматической системы.

Дисциплина «Основы теории нелинейных систем автоматического управления».

Понятие нелинейных автоматических систем. Описание динамики нелинейных динамических систем в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Основные виды нелинейностей в автоматических системах. Основные типы существенных нелинейностей. Особенности поведения и исследования нелинейных автоматических систем. Линеаризация уравнений динамики системы. Линеаризация с переходом в пространство состояний.

Основные методы исследования нелинейных автоматических систем: точные и приближенные методы. Точные методы исследования нелинейных автоматических систем: метод фазовой плоскости и метод точечных преобразований. Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем. Автоколебания в нелинейных системах. Метод гармонической линеаризации для исследования автоколебаний в нелинейных автоматических системах. Алгебраический способ определения параметров автоколебаний нелинейных автоматических систем с использованием критерия устойчивости Михайлова. Частотный способ определения параметров автоколебаний нелинейных автоматических систем с использованием критерия устойчивости Найквиста.

Исследование устойчивости нелинейных динамических систем. Второй (прямой) ме-

тод Ляпунова исследования устойчивости нелинейных систем: геометрическая и физическая интерпретация и теоремы. Подходы к построению функций Ляпунова: энергетический метод, метод на основе квадратичных форм, метод Лурье-Постникова, метод разделения переменных, метод Красовского, метод Вокера-Кларка. Понятие и особенности квадратичной функции Ляпунова. Абсолютная устойчивости нелинейных автоматических систем: гипотеза Калмана-Айзермана и частотный метод В.М. Попова.

Аналитические методы синтеза законов управления гладкими нелинейными динамическими объектами (геометрические методы управления). Методы скоростного управления и метод большого коэффициента усиления. Идея метода обратных задач динамики в задачах синтеза нелинейных автоматических систем. Метод линеаризации обратной связью при синтезе нелинейных систем управления. Метод компенсации нелинейностей, метод линеаризации обратной связью по выходу и по состоянию. Метод синтеза нелинейных систем на основе переноса через интегратор (backstepping). Методы построения наблюдателей для нелинейных систем.

Функционирование нелинейных систем в скользящем режиме. Особенности исследования систем в скользящем режиме и построения фазовых портретов. Синтез нелинейных систем управления методом скользящего режима (sliding-mode).

Дисциплина «Основы теории цифровых систем управления».

Структуры и особенности цифровых систем управления, их преимущества и недостатки. Классификация дискретных (цифровых) сигналов и систем. Квантование непрерывных сигналов по времени и по уровню, математическое описание процесса квантования. Восстановление непрерывных сигналов по дискретным измерениям: теорема Котельникова-Шеннона, эффект поглощения частоты. Импульсная характеристика и дискретная передаточная функция. Квантование непрерывных систем, заданных в виде передаточных функций. Квантование непрерывных систем, заданных в пространстве состояний.

Устойчивость и стабилизируемость цифровых систем: понятие устойчивости, характеристическое уравнение, скрытые колебания. Показатели качества цифровых систем Точность цифровой системы в установившемся режиме. Переоборудование непрерывных регуляторов: методы переоборудования, основанные на использовании численного интегрирования, преобразование Тастина.

Частотная цифровая коррекция. Проектирование цифровых регуляторов методом размещения полюсов. Аперiodическое цифровое управление. Синтез цифрового регулятора по модели эталонной системы. Синтез цифровых регуляторов методом билинейного преобразования. Полиномиальный алгоритм синтеза цифрового регулятора.

Дисциплина «Основы теории оптимального управления».

Задачи классического вариационного исчисления. Задача Лагранжа. Оптимизация на фиксированном интервале времени при фиксированных значениях некоторых переменных состояния. Необходимые условия оптимальности. Принцип Гамильтона в аналитической механике. Оптимизация при заданных в фиксированный конечный момент времени значениях функций от фазовых координат (задача с подвижным правым концом). Задачи оптимального быстродействия. Оптимизация при заданных значениях функций от фазовых координат в неопределенный момент окончания процесса (задача со свободным концом).

Методы решения краевых задач. Редукция задачи расчета оптимальных программ к задаче отыскания корней трансцендентной функции. Метод Ньютона. Решение задач боль-

шой размерности. Перенос граничных условий. Метод А.А. Абрамова. Процедура решения краевых задач методом переноса граничных условий. Одновременный перенос нескольких граничных условий. Применение метода переноса граничных условий для построения итерационных схем.

Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Игольчатое варьирование управления. Принцип максимума в задаче с фиксированным временем и со свободным правым концом. Методы теории оптимального управления, использующие процедуру решения задач со свободным концом. Задача Майера. Принцип максимума в задачах с фиксированным временем и подвижным правым концом. Принцип максимума в задаче с нефиксированным временем и подвижным правым концом. Задача Майера. Задача Больца.

Многошаговый процесс управления. Принцип оптимальности Р. Беллмана. Вычислительные аспекты метода динамического программирования. Применение динамического программирования в статических задачах. Уравнение Беллмана для непрерывных систем. Связь динамического программирования с классическим вариационным и принципом максимума. Структура оптимальной системы. Теорема разделения. Синтез оптимальных регуляторов при неполной информации о состоянии. Регулятор состояния с наблюдателем Льюинбергера. Оптимальные ПИ регуляторы. Субоптимальные законы управления. Реализация оптимальных законов управления.

Дисциплина «Теория систем и системный анализ».

Понятие системы, описание систем. Системный анализ с позиций кибернетики. Системы регулирования. Состав, назначение, классификация. Системы управления. Состав, назначение, классификация. Системы координации. Многокритериальная оптимизация. Получение компромиссного решения по методу «идеальной точки». Понятие об иерархии. Даймонд-структура системы, примеры.

Метод анализа иерархии. Шкалы сравнения. Свойства матрицы парных сравнений. Метод анализа иерархии. Определение вектора весовых коэффициентов. Метод анализа иерархии. Методика оценки согласованности экспертных оценок. Применение метода анализа иерархии для выбора одного из вариантов альтернатив. Учет факторов неопределенности в процессе проектирования систем. Методика проведения экспертных оценок для формализации неопределенности проектных параметров. L-R-функции. Подходы экспертного ранжирования решений на основе среднего значения, медианы и кластеризующей ранжировки.

Марковские процессы дискретного времени. Потoki событий. Марковские процессы непрерывного времени. Система уравнений Колмогорова-Чепмена. Предельные вероятности состояния в марковских цепях. Стационарные режимы. Процесс «гибели и размножения» популяции. Циклический процесс. Метод динамики средних численностей.

Системы массового обслуживания. Классификация и основные характеристики. Одноканальная система массового обслуживания с отказами. Многоканальная система массового обслуживания с отказами. Одноканальная система массового обслуживания с ожиданием. Многоканальная система массового обслуживания с ожиданием. Системы массового обслуживания с ограниченным временем ожидания. Одноканальная замкнутая система массового обслуживания. Многоканальная замкнутая система массового обслуживания. Системы массового обслуживания с взаимопомощью между каналами.

Дисциплина «Моделирование систем управления».

Моделирование как метод исследования. Математическое моделирование. Имитационное моделирование. Системная динамика. Полунатурное моделирование. Натурное моделирование. Модель и ее виды, классификация. Стенды имитационного и полунатурного моделирования.

Методы описания динамических систем. Описание в виде систем дифференциальных уравнений. Описание в виде передаточных функций. Описание в виде пространства состояний. Описание систем в нормальной форме Коши. Явная и неявная формы Коши. Жесткие и нежесткие задачи.

Численные методы решения задачи Коши. Явные и неявные численные методы решения задачи Коши. Одношаговые и многошаговые численные методы решения задачи Коши. Классические методы решения задачи Коши: метод Эйлера, улучшенный метод Эйлера, метод Эйлера-Коши, метод Эйлера-Коши с итерационной обработкой. Семейство численных методов Рунге-Кутты. Метод простой итерации как метод разрешения неявности для одношаговых численных методов решения задачи Коши. Методы Адамса. Метод предиктора-корректора как метод разрешения неявности для многошаговых численных методов решения задачи Коши. Семейство методов BDF (формулы обратного дифференцирования). Семейство методов NDF. Устойчивость численных методов решения задачи Коши. A-устойчивость численных методов решения задачи Коши.