

Семестровый курс «Введение в теорию управления» (6-й семестр бакалавриата)

Курс составил: Шестопёров Алексей Игоревич, аспирант, м.н.с. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Лекции читает: Шестопёров Алексей Игоревич, аспирант, м.н.с. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Отчётность: дифференцированный зачёт

Контакты: alex.shestoperov@yandex.ru

Разделы курса

1. Анализ линейных систем управления

Постановка задачи управления. Описание систем управления в пространстве состояний. Линеаризация систем управления. Формула Коши. Преобразование Лапласа. Описание систем управления с помощью входно-выходных соотношений во временной и в частотной областях. Весовая и передаточная функции. Типовые соединения. Программное управление и управление с отрицательной обратной связью. Переход между описаниями систем в пространстве состояний и с помощью передаточных функций. Реализации передаточных функций. Достижимость и управляемость систем. Ранговый критерий управляемости стационарных систем. Наблюдаемость систем. Двойственность понятий достижимости и наблюдаемости стационарных систем. Ранговый критерий наблюдаемости стационарных систем. Асимптотическая устойчивость и устойчивость по входу стационарных систем. Стабилизация стационарных систем управления с помощью метода размещения полюсов.

2. Оптимальное управление

Основные положения теории конечномерной оптимизации и вариационного исчисления. Необходимые и достаточные условия экстремума в задачах конечномерной оптимизации и вариационного исчисления. Метод множителей Лагранжа. Постановка задачи оптимального управления. Классификация задач оптимального управления. Область применимости методов вариационного исчисления в задачах оптимального управления. Формулировка и обсуждение принципа максимума Понтрягина. Пример использования: двойной интегратор. Релейное управление линейными стационарными системами. Линейно-квадратичные задачи управления. Дифференциальное уравнение Риккати. Управление с отрицательной обратной связью в задачах линейно-квадратичного управления. Алгебраическое уравнение Риккати.

3. Устойчивость нелинейных систем. Основные методы управления нелинейными системами

Основные типы устойчивости нелинейных систем. Лемма Барбалата. Прямой метод Ляпунова. Теоремы Ляпунова о локальной и глобальной устойчивости систем. Теоремы об инвариантных множествах. Теорема Барбашина-Красовского. Построение управляющих функций Ляпунова. Бэкстеппинг. Неточно заданные модели управления. Проблема робастного управления нелинейной системой. Выбор скользящей поверхности и условия ее достижимости. Построение скользящего управления.

Итоговая оценка (по десятибалльной шкале) складывается из двух компонент:

1. Сдача заданий в течение семестра – 4 балла максимум
2. Сдача устного экзамена в конце семестра – 6 баллов максимум

Чтобы получить допуск к экзамену, необходимо набрать не менее двух баллов за задания в семестре. Чтобы получить итоговую оценку, необходимо набрать не менее одного балла на экзамене.

Литература по курсу

- 1) Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986. – 616 с.
- 2) Митришкин Ю.В. Математические модели линейных объектов управления. – М.: МФТИ, 2014. – 280 с.
- 3) Chen, C.-T. Linear System Theory and Design. 3rd ed. – Oxford Series in Electrical and Computer Engineering, Oxford University Press, London, 1999. – 352 p.
- 4) Hespanha, J.P. Linear Systems Theory. – Princeton University Press, Princeton, 2009. – 280 p.
- 5) Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
- 6) Liberzon, D. Calculus of Variations and Optimal Control Theory. – Princeton University Press, Princeton, 2012. – 256 p.
- 7) Романко В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2006. – 344 с.
- 8) Гельфанд И.М., Фомин С.В. Вариационное исчисление. – М.: Физматлит, 1961. – 228 с.
- 9) Моисеев Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1971. – 424 с.
- 10) Slotine J.J.E., Li W. Applied Nonlinear Control. – Prentice Hall, 1991. – 461 p.
- 11) Халил Х.К. Нелинейные системы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2009. – 832 с.