Андреев Ю. Н. Управление конечномерными линейными объектами

Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука»

Книга посвящена важной проблеме теоретической и технической Кибернетики — теории синтеза систем управления для линейных объектов с конечномерным пространством состояний.

С помощью аппарата линейных векторных пространств изложены основные результаты теории модального управления и теории оптимальных обратных связей в системах с квадратичным критерием качества. Главным образом рассмотрены детерминированные системы с непрерывным временем. Значительное внимание уделено вычислительным аспектам теории. Наряду с теоретическими положениями книга содержит примеры и задачи, которые подробно иллюстрируют возможности теории при решении конкретных задач аналитического конструирования регуляторов.

Кинга адресована инженерам и научным работникам, специализирующимся в области исследования и конструирования систем управления. Она может быть полезна аспирантам и студентам старших курсов соответствующих специальностей.

Редакторы Л. Х. Слободянский, А. А. Могилевский Техн. редакторы А. П. Колесникова, С. Я. Шкляр Корректор В, Я. Сорокина

Издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы, 1976, 424 стр.

Содержание книги
Управление конечномерными линейными объектами

Предисловие

Глава I. Линейная алгебра

§ 1. Кольцо и поле
Алгебраическая операция. Определение и примеры колец (10). Операции в кольце (11). Поле. Свойства операций в поле (16). Поле вещественных чисел (17). Задачи (18).

§ 2. Матрицы и действия над ними
Обозначения и терминология. Сложение и умножение (20). Кольцо квадратных матриц (21). Многочлены от матриц (23). Транспонирование (25). Обратная матрица (26). Клеточные матрицы (27). Матричная запись систем линейных уравнений (23). Задачи (30).

§ 3. Определитель квадратной матрицы
Определение детерминанта (31). Свойства определителей (33). Определитель проичведения матриц (38). Вычисление обратной матрицы (40). Алгоритм Гаусса (42). Задачи (44).

§ 4. Ранг матрицы. Системы линейных уравнений
Линейная зависимость (45). Ранг матрицы (46). Теорема Кронекера — Капелли (49). Фундаментальная система решений (52). О численном решении линейных систем (53). Задачи (55).

§ 5. Характеристический и минимальный многочлены матрицы
Подобные матрицы (55). Характеристический многочлен матрицы (56). Теорема Кэли — Гамильтона (58). Минимальный многочлен (59). Сопровождающая матрица многочлена (60). Задачи (61).

§ 6. Линейные векторные пространства
Линейное пространство и модуль (61). Линейная зависимость (64). Размерность и базис (65). Замена базиса (67). Линейные подпространства (68). Задачи (72).

§ 7. Линейные преобразования и их матрицы
Линейные операторы (73). Матрицы линейных операторов (74). Ранг и дефект линейного оператора (77). Линейные операторы в R™ (79). Обратный оператор (81). Собственные векторы (82). Треугольная форма матрицы (84). Задачи (86).

§ 8. Евилидовы пространства. Квадратичные формы
Скалярное произведение (87). Ортогонализация базиса (89). Сопряженный оператор (90). Самосопряженные операторы (91). Линейные уравнения (95). Матрица Грама (96). Квадратичные формы (98). Задачи (100).

Глава II. Линейные дифференциальные уравнения

§ 9. Однородная система. Существование и единственность решения
Единственность решения (101). Конечномерность пространства решений (102). Фундаментальная матрица (104). Переходная матрица (105). Теорема о существовании решения (106). Ряд Неано для переходной матрицы (110), Задачи (111)

§ 10. Свойства переходной матрицы. Формула Коши
Формула Остроградского — Лиувилля (112). Правило композиции (113), преобразование координат (114). Неоднородное уравнение (115). Сопряженное уравнение (117). Стационарный случай (119). Перечень свойств переходной матрицы (121). Способы построения переходной матрицы (122). Задачи (125).

§ 11. Линейные системы с периодичесиимн коэффициентами
Преобразование Ляпунова. Приводимые системы (128). Теорема Еругина (128). Теорема Ляпунова — Флоке (130). Периодические решения однородной системы (131). Периодические решения неоднородной системы (132). Задачи (137).

§ 12. Линейные матричные уравнения
Матричная формула вариации постоянных (139). Сопряженное уравнение (140). Оценка квадратичного фуниционала (141). Матричное уравнение (144). Обсуждение (146). Задачи (147).

§ 13. Численное решение стационарных уравнений

Скалярное уравнение (149). Точность аппроксимации (152). Алгоритм решения уравнения (153). Устойчивость вычислений (154). Неоднородное уравнение (155). Обсуждение (158). Задачи (158)

Глава III. Устойчивость движения линейных объектов

§ 14. Описание линейных объектов в пространстве состояний
Определение линейной системы (160). Понятие состояния (164). Уравнения состояния и передаточная функция (166). Задачи (172)

§ 15. Устойчивость
Устойчивость движения по Ляпунову (174). Устойчивость и переходная матрица (176). Устойчивые стационарные матрицы (177). Критерий Рауса — Гурвица (178). Нестационарные матрицы (181). Устойчивость приводимых систем (182.). Равномерная асимптотическая устойчивость (184). Задачи (185).

§ 16. Второй метод Ляпунова
Теорема Ляпунова (186). Геометрический смысл метода (190). Функции Ляпунова нестационарной системы (190). Задачи (195).

§ 17. Функции Ляпунова и оценка качества переходного процесса
Оценка длительности переходного процесса (196). Оценка квадратичного отклонения (197). Обсуждение (197). Численное решение уравнения Ляпунова (198). Задачи (200).

§ 18. Постановка задач управления
Задача программного управления (201). Задача регулирования (201)

Глава IV. Линейная обратная связь

§ 19. Управляемость и достижимость
Понятие управляемости (205). Управляемость системы с нулевой матрицей А (207). Критерий управляемости (211). Критерий достижимости (216). Линейные периодические системы (218). Задачи (219).

§ 20. Стационарные объекты
Критерий управляемости (220). Задача финитного управления (224), Эквивалентность управляемости и достижимости (227). Задачи (228).

§ 21. Понятие обратной связи
Закон управления (229). Стационарный управляемый объект (230). Нестационарные объекты (231). Задача (235).

§ 22. Канонические представления
Замена базиса в пространстве состояний (235). Вычисление матрицы преобразования (237). Каноническое представление системы с одним входом (239). Канонические представления системы с многими входами (243). Задачи (248).

§ 23. Обратная связь «по состоянию» в стационарных системах

Система с одним входом (349). Система с многими входами (253). Задачи (258).

Глава V. Идентификаторы состояния

§ 24. Наблюдаемость и идентифицируемость
Основные положения (260). Критерий неидентифицируемости (262). Задача точной оценки состояния (284). Дуальность задач управления и задач оценки состояния (267). Задачи (271)

§ 25. Асимптотические идентификаторы n-го порядка
Простейший идентификатор (272). Асимптотический идентификатор для системы с одним выходом (274). Асимптотический дифференциатор (279). Система с многими выходами (280). Задачи (281).

§ 26. Идентификаторы Люенбергера
(n — 1)-мерный асимптотический идентификатор для системы с одним выходом (282). Алгоритм построения (n — 1)-мерного идентификатора (285). Идентификаторы Люенбергера для системы с многими выходами (286). Матричное уравнение TA — OT = S в теории идентификаторов (291). Еще один способ построения (n — p)-мерного идентификатора (295). Задачи (297).

Глава VI. Модальное управление

§ 27. Конструкция регуляторов
Применение n-мерных идентификаторов (300). Алгоритм вычисления коэффициентов регулятора для системы с одним входом (303). Фильтр Калмана (305). Использование идентификатора Люенбергера (307). Стабилизация неустойчивого объекта 4-го порядка (310). Задачи (315)

§ 28. Управление отдельными модами
Модальная управляемость (316). Управление одной и двумя модами (317). Итерационное построение модального управления (321). Задачи (323).

§ 29. Интегральная обратная связь
Аддитивная помеха в канале измерения (325). Постоянное возмущение на входе (328). Интегральная обратная связь для многомерного объекта (329). Управление по возмущению (332.). Задачи (334)

§ 30. Модальное управление распределенной системой
Аппроксимация распределенной системы с помощью конечного числа мод (335) Стабилизация неустойчивой распределенной системы (337) Задачи (341).

31. Следящая система
Постановка задачи (342) Точная компенсация помехи (344). Слежение за командным сигналом (345). Физически реализуемая следящая система (348). Задача (357)

Глава VII. Квадратичный критерий качества

§ 32. Минимизация в евклидовых пространствах

Минимальная длина вектора, принадлежащего заданной гиперплоскости (360). Минимальная норма решения линейной системы (361). Минимизация квадратичной формы на решениях линейной системы (363). Задачи (364).

§ 33. Задачи со свободным конечным состоянием системы
Уравнение Риккати (365). Задача о регуляторе нулевого состояния (367) Явный вид решения уравнения Риккати (372). Преобразование координат (373), Задача о регуляторе выхода (374). Задачи (376).

§ 34. Терминальное управление
Минимум нормы терминального управления (878) Общий случай терминальной задачи (382). Оптимальная следящая система (385). Задачи (387).

§ 35. Стационарные системы
Алгебраическое уравнение Риккати (389). Явный вид решения стационарного уравнения Риккати (393) Единственность оптимального управления (394) Стационарные регуляторы (395). Задачи (398)

§ 36. О решении уравнения Риккати
Локальные условия существования решения уравнений Риккати (400). Канонические уравнения (403). Существование решения на полубесконечном интервале (406). Численное интегрирование уравнения Риккати на конечном временном интервале (408). Итерационное решение алгебраического уравнения Риккати (409). Задачи (410).

Послесловие
Указания на литературные источники
Литература
Предметный указатель

Скачать книгу Андреев Ю. Н. Управление конечномерными линейными объектами
. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1976