

УДК 004.94(075.8)

ББК 32.973я73

В38

Печатается по решению кафедры информационно-аналитических систем безопасности имени профессора Берштейна Леонида Самойловича Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (протокол № 12 от 13 июня 2024 г.)

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехнических и телекоммуникационных систем Института радиотехнических систем и управления Южного федерального университета *О. А. Усенко*

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики Таганрогского института имени А. П. Чехова (филиал)

РГЭУ (РИНХ) И. В. Заика

Веселая, А. А.

В38 Компьютерное моделирование устойчивости систем управления : учебное пособие / А. А. Веселая ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2024. – 143 с.

ISBN 978-5-9275-4662-6

В учебном пособии изложен метод компьютерного анализа устойчивости систем управления на основе линейной системы ОДУ с матрицей постоянных коэффициентов по нулям ее характеристического полинома. Базовый алгоритм синтезирован на основе сортировки, обеспечивая в результате комплексного построения метода в целом компьютеризацию анализа устойчивости линейной системы. Изложены также необходимые и достаточные условия устойчивости по Ляпунову решений систем ОДУ общего вида, указаны границы их применимости, представлены способы компьютерной реализации анализа.

Предназначено студентам, обучающимся по направлению подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика», профиль «Информационно-аналитические системы и технологии "больших данных"».

УДК 004.94(075.8)

ББК 32.973я73

ISBN 978-5-9275-4662-6

© Южный федеральный университет, 2024

© Веселая А. А., 2024

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗНАКА СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЛИНЕЙНОЙ ОДНОРОДНОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С МАТРИЦЕЙ ПОСТОЯННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ	11
1.1. Анализ устойчивости линейной системы ОДУ с матрицей постоянных коэффициентов по критерию Гурвица и критерию Михайлова в аспекте компьютеризации	11
1.2. Компьютерный анализ устойчивости решения линейной системы ОДУ с матрицей постоянных коэффициентов на основе характеристических нулей	16
1.3. Практическое применение компьютерного анализа устойчивости решения систем линейных ОДУ с постоянными коэффициентами к реальным физическим системам	18
1.3.1. Линеаризация систем управления	18
1.3.2. Анализ устойчивости систем управления с обратной связью	20
1.3.3. Анализ устойчивости синхронного генератора, работающего на сеть большой мощности	27
1.4. Повышение быстродействия компьютерного анализа устойчивости путем локализации действительной части нулей характеристического полинома	44
1.5. Сравнение компьютерного анализа устойчивости с существующими методами	47
Выводы	48
ГЛАВА 2. ОБ УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ОБРАТНОЙ ПРОПОРЦИЕЙ НАЧАЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ	50
2.1. Необходимые и достаточные условия устойчивости нулевого решения на основе мультипликативного преобразования метода Эйлера	51
2.2. Условия устойчивости с обратной пропорцией начальным значениям	54
2.3. Необходимые и достаточные условия устойчивости на основе аддитивного преобразования метода Эйлера	55
2.4. Условия устойчивости с учетом знаков компонентов функции правой части и их производных	63

2.5. Общие условия устойчивости с обратной пропорцией начальным значениям компонентов правой части	71
2.6. Об устойчивости линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений	77
2.7. О линеаризации системы обыкновенных дифференциальных уравнений для оценки устойчивости	81
2.8. Примеры численного моделирования устойчивости	86
Выводы	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	93
ПРИЛОЖЕНИЕ	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ПРИЛОЖЕНИЮ.....	142