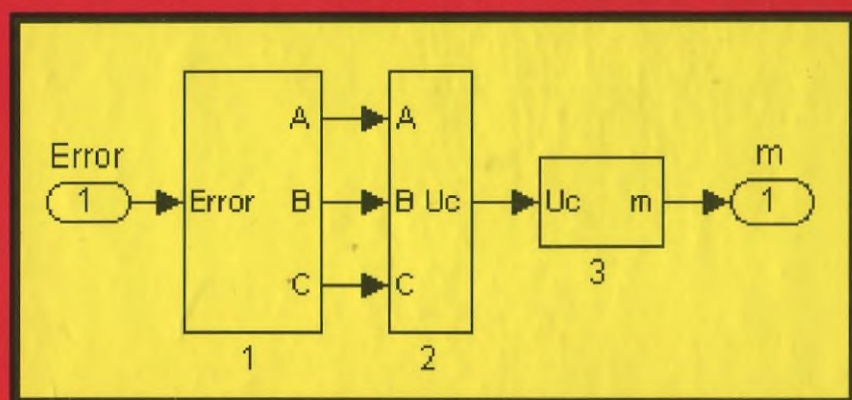


В. И. Гостев

НЕЧЕТКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



Киев
Издательство "Радиоаматор"
2008

В. И. Гостев

НЕЧЕТКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

**В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

**Киев
Издательство “Радіоаматор”
2008**

ББК 32.965.6

Г 72

УДК 62-55:681.515

Рецензенты: Зайцев Г. Ф., доктор техн. наук, профессор,
Богаенко И. Н., доктор техн. наук, профессор

Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. - К.: "Радиоаматор", 2008.-972 с.

ISBN 978-966-96178-2-0

Монография посвящена синтезу и расчету нечетких (работающих на базе нечеткой логики) цифровых регуляторов в системах автоматического управления. Изложен новый метод проектирования нечетких регуляторов, основанный на полученных аналитических выражениях для управляющих воздействий на выходе нечеткого регулятора при различных функциях принадлежности. Особое внимание уделено синтезу нечетких цифровых регуляторов для нестационарных объектов управления, объектов с чистым запаздыванием, объектов, имеющих различные нелинейности. Специальные разделы посвящены синтезу и расчету оптимальных по быстродействию и нечетких цифровых регуляторов в системах автоматического управления параметрами двухконтурного двухконтурного газотурбинного двигателя, параметрами паровых котлов большой мощности, температурой электрических и газовых печей, а также в различных радиотехнических системах. Дана сравнительная оценка показателей качества, в том числе робастности, систем автоматического управления с цифровыми нечеткими, оптимальными по быстродействию регуляторами и традиционными ПИД-регуляторами при различных воздействиях на системы управления.

Рассчитана на инженерно-технических и научных работников, занимающихся разработкой и эксплуатацией систем автоматического управления, а также может быть полезна студентам вузов соответствующих специальностей.

ББК 32.965.6

ISBN 978-966-96178-2-0

© Гостев В. И., 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Раздел 1. Управление на базе нечеткой логики	10
1.1. Общие особенности управления на базе теории нечетких множеств	10
1.2. Функциональная и структурная схемы системы управления на базе нечеткой логики. Принцип работы нечеткого регулятора. Алгоритмы нечеткого вывода.	15
Раздел 2. Формализация процесса принятия решений на базе нечеткой логики	28
2.1. Процесс принятия решения в системе с одним выходным и n входными параметрами	28
2.2. Статические характеристики “ вход - выход” цифровых нечетких регуляторов	54
Раздел 3. Синтез нечетких регуляторов систем управления нестационарными объектами	64
3.1. Синтез цифровых регуляторов систем управления на базе нечеткой логики	64
3.2. Аналитические выражения для управляющих воздействий на выходе нечеткого регулятора. Проектирование нечетких регуляторов. Оптимизация параметров цифровых нечетких регуляторов	120
Раздел 4. Синтез регуляторов для объектов управления с чистым запаздыванием	275
4.1. Применение оптимальных по быстродействию цифровых регуляторов для объектов управления с чистым запаздыванием	275
4.2. Применение цифровых нечетких регуляторов для объектов управления с чистым запаздыванием	295
Раздел 5. Синтез нечетких регуляторов систем управления нелинейными объектами	319
5.1. Синтез нечеткого регулятора системы управления объектом с нелинейностью типа “люфт”	319

5.2. Синтез нечеткого регулятора системы управления объектом с нелинейностью типа “зона нечувствительности + насыщение”	326
5.3. Синтез нечетких регуляторов систем управления с нелинейностью типа “дискриминационная характеристика”	332
Раздел 6. Синтез нечетких регуляторов систем управления сложными объектами	405
6.1. Синтез цифрового нечеткого регулятора системы управления объектом “рулевая машина + ракета”	405
6.2. Автономная система фаззи-управления теплоснабжением	413
6.3. Синтез нечетких регуляторов следящих координаторов	429
6.4. Система регулирования температуры теплоносителя на выходе смесителя с нечеткими регуляторами	441
Раздел 7. Синтез цифровых регуляторов систем автоматического управления параметрами двухроторного двухконтурного газотурбинного двигателя	449
7.1. Синтез цифровых регуляторов систем автоматического управления температурой газа двухроторного двухконтурного ГТД на базовых режимах работы	449
7.2. Синтез цифровых регуляторов систем автоматического управления частотами вращения роторов двухроторного двухконтурного ГТД на базовых режимах работы	477
7.3. Синтез цифровых регуляторов в двухмерных системах автоматического управления основными параметрами двухроторного двухконтурного ГТД на базовых режимах работы	489
7.4. Синтез цифровых нечетких регуляторов систем автоматического управления параметрами двухроторного двухконтурного ГТД на базовых режимах работы	522
7.5. Исследование систем автоматического управления основными параметрами двухроторного двухконтурного ГТД при произвольных входных воздействиях методом математического моделирования	544
7.6. Применение нечетких регуляторов в двухконтурных	

системах автоматического управления основными параметрами двухроторного двухконтурного ГТД	582
7.7. Синтез трехканального нечеткого регулятора системы автоматического управления частотой вращения ротора двухроторного двухконтурного ГТД	588
7.8. Синтез цифрового оптимального по быстродействию и нечеткого регуляторов системы управления частотами вращения роторов двухроторного ГТД с приводным топливным насосом	598
7.9. Синтез цифровых оптимальных по быстродействию и нечетких регуляторов системы управления частотой вращения ротора вентилятора и степенью повышения давления в вентиляторе двухроторного ГТД с приводным топливным насосом	631
Раздел 8. Синтез цифровых регуляторов систем автоматического управления параметрами парового котла	646
8.1. Синтез цифровых регуляторов одномерных систем автоматического управления параметрами парового котла	646
8.2. Синтез цифровых нечетких регуляторов одномерных систем автоматического управления параметрами парового котла	657
8.3. Сравнительная оценка цифровых регуляторов в системах автоматического управления параметрами парового котла	662
8.4. Синтез цифровых нечетких регуляторов двухмерного объекта “ испаритель + нагреватель парового котла ”	673
8.5. Синтез цифровых регуляторов системы регулирования температуры перегретого пара на выходе парового котла	687
Раздел 9. Синтез цифровых регуляторов систем автоматического управления параметрами электрических и газовых печей	709
9.1. Синтез цифровых регуляторов системы автоматического управления температурой электропечи	709
9.2. Синтез цифровых регуляторов однопоточной трубчатой печи	722

9.3. Синтез цифрового регулятора двухпоточной трубчатой печи	735
Раздел 10. Системы автоматического регулирования мощности передатчика в радиоканале связи	744
10.1. Основная функциональная схема системы АРМП	744
10.2. Математические модели адаптивных радиоканалов связи с системами автоматического нечеткого и ПИД- регулирования мощности передатчика	748
10.3. Математические модели адаптивных радиоканалов связи с системами автоматического нечеткого и ПИД- регулирования мощности передатчика с перестройкой частоты	764
10.4. Проектирование каналов радиосвязи и радиоуправления систем АРМП при аддитивных и мультипликативных замираниях сигнала	777
10.5. Системы автоматического нечеткого и ПИД- регулирования мощности передатчика при случайных замираниях в канале радиосвязи	812
10.6. Математические модели систем автоматического регулирования мощности в канале MS-BS мобильной связи	831
10.7. Системы АРМП с нечеткими и ПИД-регуляторами в канале радиоуправления	849
Раздел 11. Робастность систем автоматического управления с цифровыми регуляторами	869
11.1. Оценка робастности системы управления креном самолета	869
11.2. Система управления скоростью поезда-экспресса	876
11.3. Электрогидравлическая следящая система	882
11.4. Система управления температурой газа двухроторного двухконтурного газотурбинного двигателя	889
11.5. Система регулирования температуры ректификационной колонны	894
11.6. Особенности нечеткого управления	908
Приложение А. Моделирование стационарных случайных воздействий.	916

Приложение Б. Таблица оптимальных управляющих воздействий на объект управления при сигнале $u(t) = U + \sigma t$ входе системы	924
Приложение В. Элементы теории двухмерных систем автоматического управления	
Приложение Г. Рекуррентные формулы для расчета непрерывной части систем	943
Список литературы	945