

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Шестаков Михаил Игоревич

**Исследование особенностей моделирования
нечетких многокаскадных систем управления с
переменной структурой**

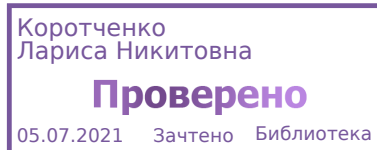
Направление подготовки

27.04.04 «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2021



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

кандидат технических наук,
заведующий кафедрой Черный Сергей
Петрович

Рецензент

Роман Николаевич Круговой

Защита состоится «24» июня 2021 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан __ июня 2021 г.

Секретарь ГЭК

А. В. Бузикаева

Актуальность:

Исторически сложилось так, что специалисты в области управления занимались лишь поиском процедуры управления объектом (ОУ), когда и сам объект, и критерий управления им были уже описаны в точных терминах. Лишь на последнем этапе развития ТАУ внимание специалистов переместилось на проблему идентификации ОУ. С течением времени ОУ развивались, стали более сложными, из-за чего типовые наработанные приемы стали неприменимы к нетрадиционным ОУ [4].

В свое время появление формальной логики было шагом вперед в борьбе с неопределенностью, расплывчивостью представления человеческих знаний.[1] Логика была призвана исключить нестрогость, неоднозначность из рассуждений. Теперь же возникла необходимость создания теории, позволяющей формально описывать нестрогие, нечеткие понятия и обеспечивающие возможность продвинуться в познании процессов рассуждений, содержащих такие понятия. Крупным шагом в этом направлении явился подход, основанный на использовании понятий нечеткого множества.

В области техники теория нечетких алгоритмов стимулирует развитие гибких автоматизированных производств и робототехнических комплексов, в частности, роботов, способных выполнять отдельные интеллектуальные действия человека. Это создает предпосылки как развитию командного управления (выполнения нечетких инструкций), так и созданию управляемых систем с повышенной автономностью [1].

Нечеткая логика, алгебра нечетких отношений и т.д. Эти и ряд других методов применяются в области искусственного интеллекта – одной из наиболее перспективных научных дисциплин, использующих теорию нечетких множеств [5].

Цель работы: провести анализ интеллектуальной системы с многокаскадным нечетким регулятором при изменении его внутренней структуры, а именно сокращением и увеличением внутренних каналов управления, а также эффективность работы таких систем по быстродействию.

Достижение указанных целей обеспечивается постановкой и решением следующих основных задач:

- математическое описание нечетких регуляторов;
- описание объекта управления;
- синтез интеллектуальной системы управления;
- описание и исследование нечетких многокаскадных регуляторов при изменении их внутренней структуры;
- оценка эффективности работы нечеткого регулятора по быстродействию.

Решение поставленных задач и достижение цели диссертационного исследования позволяет перейти к исследованию и разработки элементарной прогнозирующей системы.

Научная новизна. Моделирование нечеткого ПИД – регулятора для многокритериальности, т.е. гибкого переключения между настройками на модульный оптиум (быстробействие) и симметричный оптиум (перепегулирование)

Апробация работы. Основные положения работы были представлены на научной конференции «Молодежь и наука», Комсомольск-на-амуре, 25 марта 2020 г..

По теме диссертационного исследования опубликована статья

Содержание диссертации

Во введении произведен краткий обзор исследуемой тематики, обозначена актуальность проблемы исследования.

В первом разделе произведен анализ существующих подходов к построению интеллектуальных систем управления.

Во втором разделе представлены основные положения теории мягких вычислений.

В основе нечеткой логики лежит теория нечетких множеств, которая позволяет описывать неточные, качественные понятия и, в некотором смысле, повторяет способ мышления человека. Нечеткая логика, которая служит

основой для реализации методов нечеткого управления, более естественно описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формально-логические системы.

Теория нечетких множеств является расширением классической теории множеств. Однако, если в классической теории множеств каждый элемент однозначно принадлежит либо не принадлежит какому-либо множеству, то в теории нечетких множеств любой элемент может не принадлежать некоторому нечеткому множеству или принадлежать ему полностью или принадлежать ему только в некоторой определенной степени. Поэтому вводится очень важное в теории нечетких множеств понятие – степень принадлежности.

Нечеткое управление оказывается особенно полезным, когда технологические процессы являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно. Нечеткая логика, на которой основано нечеткое управление, ближе по духу к человеческому мышлению и естественным языкам, чем традиционные логические системы. Нечеткая логика обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реального мира. Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности.

Третий раздел посвящен описанию объекта управления и синтезу интеллектуальной системы управления. Получена интеллектуальная система управления многокаскадным нечетким ПИД – регулятором, представленная в виде имитационной модели, и проанализированы переходные процессы этой системе.

Использование многокаскадности в управлении позволило получить качественный переходный процесс без использования громоздких вычислительных процедур, необходимых для улучшения динамических характеристик, как с использованием классической методики построения

системы управления, так и с применением стандартной нечёткой процедуры управления.

В четвертом разделе проведено исследование многокаскадного нечеткого ПИД – регулятора при изменении его внутренней структуры.

Проведем анализ поведения нечеткой многокаскадной структуры при исключении из формирования закона управления пропорциональной составляющей. Структурная схема системы управления с отключенным пропорциональным каналом представлена на рисунке 1.

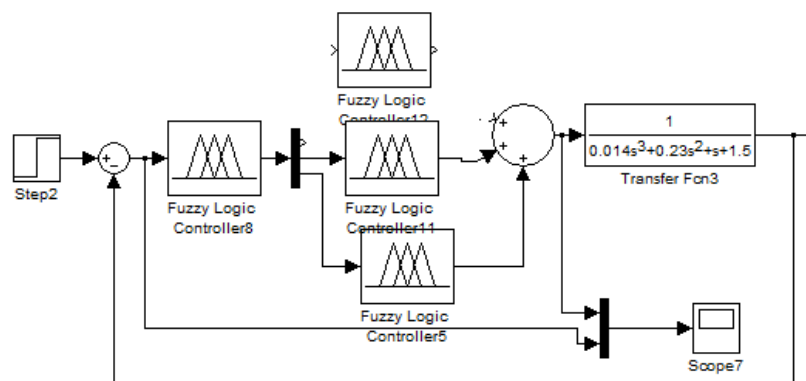
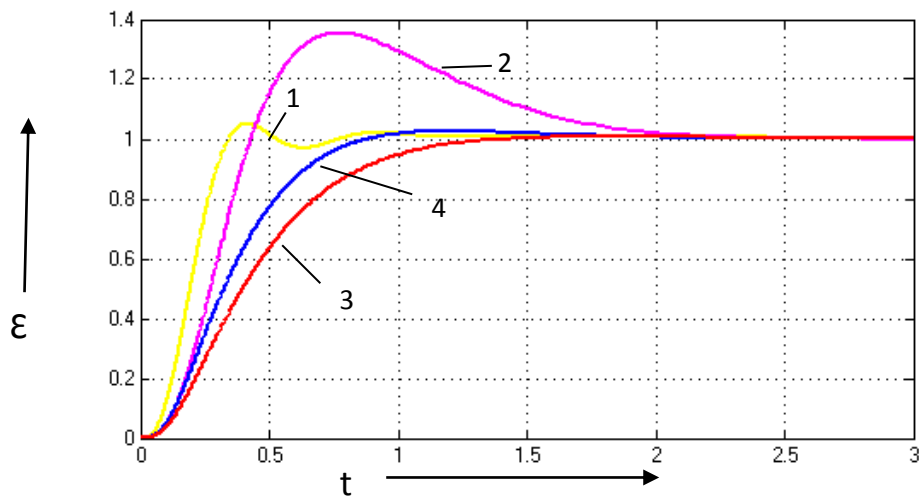


Рисунок 1 – Структурная схема с отключенной пропорциональной составляющей.



- 1 – система с классическим ПИД – регулятором; 2 – система с нечетким ПИД – регулятором; 3 – система с многокаскадным нечетким ПИД – регулятором; 4 – система с оборванной внутренней связью

Рисунок 2 – Графики переходных процессов

Из графиков видно, что данная система отработала практически одинаково, имеется очень маленькое перерегулирование, которое входит в 5% зону, время переходного процесса существенно не отличается от времени многокаскадного нечеткого ПИД – регулятора и равно 1.7 секунд, а время МНЛР равно 1.6 секунд. Следовательно, применимость многокаскадного нечеткого ПИД – регулятора с отключенной пропорциональной составляющей оправдано, то есть данная система полностью адаптировалась к новым возмущающим воздействиям

Проведем анализ поведения нечеткой многокаскадной структуры при исключении из формирования закона управления интегральной составляющей. Структурная схема системы управления с отключенным интегральным каналом представлена на рисунке 3.

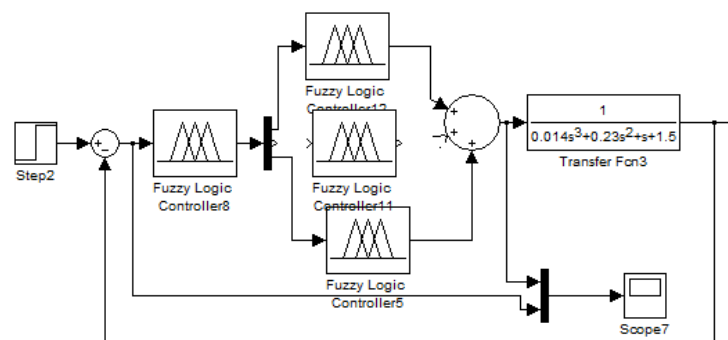
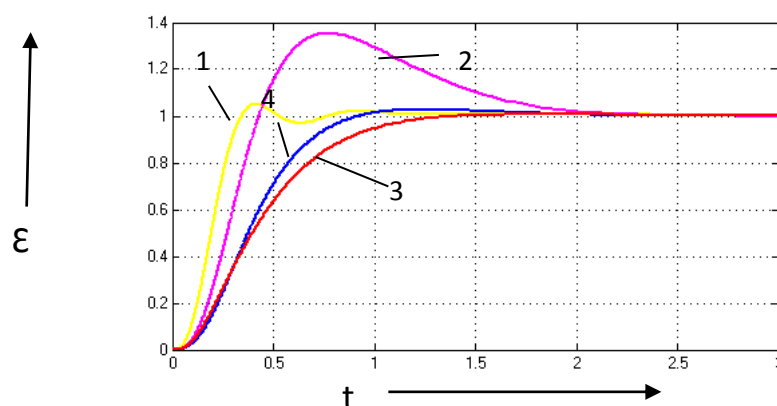


Рисунок 3 – Структурная схема с отключенной интегральной составляющей



- 1 – система с классическим ПИД – регулятором; 2 – система с нечетким ПИД – регулятором; 3 – система с многокаскадным нечетким ПИД – регулятором; 4 – система с оборванной внутренней связью

Рисунок 4 – Графики переходных процессов

Из графика видно, что система многокаскадного нечеткого ПИД-регулятора с исключенной интегральной составляющей ведет себя лучше, небольшое перерегулирование, которое входит в 5% зону, время переходного процесса одинаково с многокаскадным нечетким ПИД – регулятором и составляет 1.6 секунд. У многокаскадного нечеткого ПИД – регулятора с отключенной интегральной составляющей скорость изменения возросла, чем у многокаскадного нечеткого ПИД – регулятора

Проведем анализ поведения нечеткой многокаскадной структуры при исключении из формирования закона управления дифференциальной составляющей. Структурная схема системы управления с отключенным дифференциальным каналом представлена на рисунке 5.

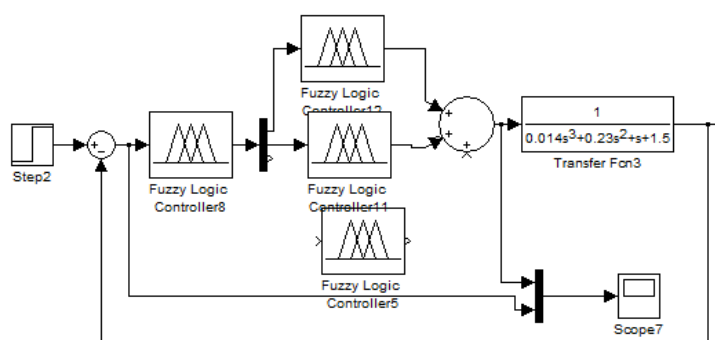
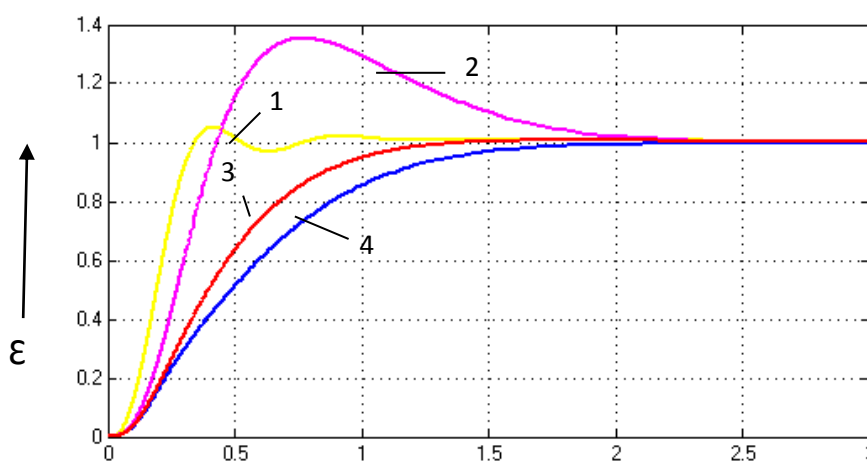


Рисунок 5 – Структурная схема с отключенной дифференциальной составляющей



1 – система с классическим ПИД – регулятором; 2 – система с нечетким ПИД – регулятором; 3 – система с многокаскадным нечетким ПИД – регулятором;

4 – система с оборванной внутренней связью

Рисунок 5 – Графики переходных процессов

Из графика видно, что система многокаскадного нечеткого ПИД-регулятора с исключенной дифференциальной составляющей ведет себя хуже, так как время переходного процесса увеличилось по отношению с многокаскадным нечетким ПИД-регулятором, что объясняется отсутствием информации о скорости изменения ошибки системы управления. Однако необходимо отметить, что быстрое действие системы при отсутствии дифференциального канала снижается на существенно.

Введем в систему с многокаскадным нечетким регулятором дополнительный информационный канал, показан на рисунке 7.

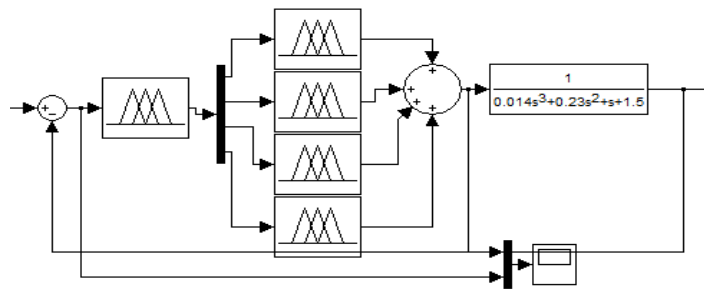
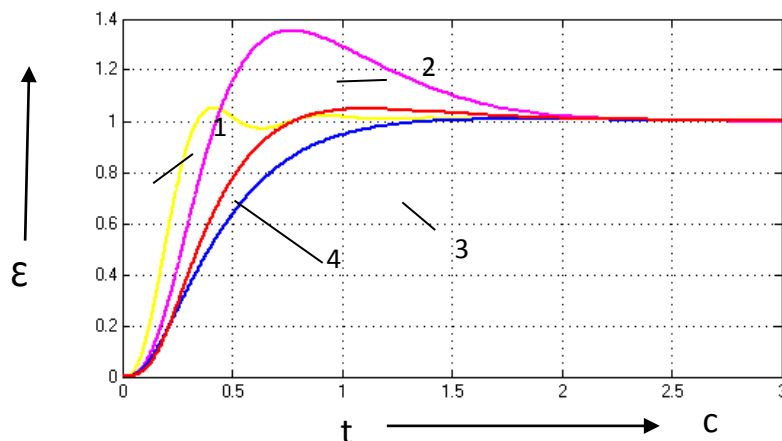


Рисунок 7 – Структурная схема с добавленной внутренней связью



1 – система с классическим ПИД – регулятором; 2 – система с нечетким ПИД – регулятором; 3 – система с многокаскадным нечетким ПИД – регулятором; 4 – система многокаскадного нечеткого ПИД - регулятора с добавленной внутренней связью.

Рисунок 8 – Графики переходных процессов

По результатам моделирования можно сделать вывод, что МНЛР и МНЛР с расширенной информационной составляющей выходят на нужный уровень практически в один момент времени (время переходного процесса МНЛР равно 1,6 секунд, а МНЛР с добавленной внутренней связью равен 1.7 секунды), однако МНЛР с расширенной информационной составляющей имеет небольшое перерегулирование, которое укладывается в 5% зону, что объясняется существенно более сложными структурой такого регулятора и алгоритмами его настройки.

Выводы

Сравнивая, классический ПИД-регулятор и многокаскадный нечеткий выяснилось, что интеллектуальная система управления доказывает свою эффективность при управлении статическими объектами. Кроме того, необходимо отметить, что МНЛР обладает существенными возможностями к адаптации, то есть представленные в работе структурные решения оправданы и для случаев, как снижения, так и увеличения объемов входной информационной составляющей. Интеллектуальные подходы, заложенные в многокаскадную структуру регулятора позволяют достаточно гибко перестраивать ее внутреннюю структуру, и как следствие, законы управления. Нечеткая логика обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реальных объектов.

Результаты моделирования наглядно показывают правомерность применения нечеткой многокаскадной системы управления с переменной структурой. Кроме того, многокаскадный ПИД-регулятор обладая возможностью изменения своей структуры в достаточно широких пределах, позволяет решать, как многокритериальные задачи, так и задачи прогнозирования, в отличие от классического ПИД-регулятора.

Основные публикации по теме диссертации

1 Шестаков М.И. Особенности моделирования нечетких систем управления с комбинированным внутренним каскадом/ М.И. Шестаков, С.П. Черный, А.К. Тимофеев, Э.Д. Енин, А.В. Бузикова // Ученые записки Комсомольского – на – Амуре государственного технического университета. – 2020. - № 1 – 1 (41). – С. 73-82.

2 Исследование особенностей моделирования нечетких многокаскадных систем управления с переменной структурой / М.И. Шестаков, С.П. Черный, // материалы научной конференции «Молодежь и наука», Комсомольск-на-амуре, 25 марта 2020 г.- 2с.