Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

На правах рукописи

Духнов Николай Николаевич

Анализ многокаскадных нечетких систем управления электроприводами постоянного тока с широким диапазоном регулирования

Направление подготовки

27.04.04 «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Романовская
Инна Анатольевна
Проверено
03.07.2023 Зачтено Библиотека

2023

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

Научный руководитель	Кандидат технических наук, доцент кафедры Черный Сергей Петрович
Рецензент	Заведующий кафедрой «Системы электроснабжения» ДВГУПС Игнатенко Иван Владимирович

Защита состоится «30» июня 2023 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан 21 июня 2023 г.

Секретарь ГЭК А. В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

Анализ многокаскадных нечетких систем управления электроприводом постоянного тока в широком диапазоне регулирования является актуальной задачей, которая находит применение в многих отраслях промышленности и техники. Это связано с тем, что электроприводы являются основой автоматизированных технологических процессов и обеспечивают высокую точность, надежность и экономичность работы механизмов.

В данной работе будет проведен анализ многокаскадных нечетких систем управления электроприводом постоянного тока в широком диапазоне регулирования с использованием современных методов и алгоритмов управления. Будут рассмотрены основные принципы построения нечетких систем управления, а также произведен сравнительный анализ с другими методами управления электроприводом постоянного тока.

Цель работы

Цель данной работы состоит в исследовании особенностей многокаскадных нечетких систем управления электроприводом постоянного тока в широком диапазоне регулирования и разработке методов их анализа. В ходе работы будут рассмотрены основные принципы построения многокаскадных систем управления, описаны математические модели электропривода и систем управления, проведен сравнительный анализ различных типов МНСУ и разработаны методы их оптимизации.

Методы исследований

Для достижения целей работы будут рассмотрены научные исследования и практические примеры использования многокаскадных нечетких систем управления электроприводом постоянного тока в различных областях применения. Будут проанализированы основные проблемы, возникающие в процессе работы таких систем и способы их решения.

Особое внимание будет уделено разработке математических моделей и алгоритмов управления, которые позволяют повысить качество и точность

регулирования параметров электропривода. Будут рассмотрены различные методы оптимизации и управления, включая методы нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов.

Для достижения поставленных целей и решения поставленных задач в работе используются следующие методы исследования:

1. Математическое моделирование: производится моделирование математической модели системы подчиненного регулирования. На основе результатов моделирования определяются входные параметры регулятора.
2. Нечеткая логика и теория управления: применяются основные принципы нечеткой логики и теории управления для разработки и синтеза нечеткого многокаскадного регулятора. В рамках этих методов для нечеткого регулятора определяются: алгоритмы логического вывода, функции принадлежности, нечеткая продукционная база знаний.
3. Анализ результатов: разработанный нечеткий многокаскадный регулятор подвергается анализу на основе результатов математического моделирования нечеткой системы управления подчиненного регулирования. Это позволяет оценить эффективность, стабильность и робастность регулятора, а также провести сравнение с другими подходами к управлению и различными нечеткими регуляторами.

К защите представляются следующие основные положения

1. Предложенный и синтезированный нечеткий многокаскадный регулятор, позволяющий получить лучшие характеристики переходного процесса системы подчиненного регулирования.
2. Результаты исследования эффективности разработанного регулятора, с использованием численных экспериментов.
3. Результаты сравнения разработанного нечеткого многокаскадного регулятора с другими подходами и методами управления. Показано преимущество и эффективность предложенного регулятора в

сравнении с традиционной системой управления и другими нечеткими регуляторами.

Научная новизна

Научная новизна работы "Анализ многокаскадных нечетких систем управления электроприводом постоянного тока в широком диапазоне регулирования" заключается в исследовании и разработке новых методов управления, которые позволяют эффективно решать проблемы нелинейности и неопределенности при работе с большим диапазоном регулирования скорости двигателя постоянного тока.

В работе представлен анализ и оценка многокаскадных нечетких систем управления, которые позволяют учитывать различные факторы, такие как изменение нагрузки, возможные помехи и нестабильность параметров системы. Были проведены эксперименты для проверки эффективности предложенных методов управления и сравнения с другими методами контроля.

Работа также содержит описание новых подходов к настройке нечетких контроллеров и оптимизации их параметров, что является важным шагом в направлении создания более точных и эффективных систем управления электроприводами в широком диапазоне регулирования.

Таким образом, научная новизна работы заключается в разработке и исследовании новых методов управления, которые могут повысить эффективность и стабильность управления электроприводами постоянного тока в широком диапазоне регулирования.

Публикации

По теме диссертации опубликовано две статьи в материалах научно-технических конференций.

Структура и объем работы

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 52 наименований. Работа изложена на 81 странице и содержит 31 рисунок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ведении обосновывается актуальность темы и формируется цель диссертационной работы.

В первой главе описаны существующие подходы к управлению электроприводом постоянного тока.

Во второй главе рассмотрены основные положения теории нечетких множеств и задачи, решаемые в рамках нейросетевых проектов, представлены ключевые понятия теории мягких вычислений: лингвистическая и нечеткая переменные, фаззификация, дефаззификация и нечеткая продукционная база знаний. Выполнен анализ различных интеллектуальных подходов к решению типовых задач и задач управления сложными технологическими объектами.

В третьей главе проведено моделирование системы управления с применением классических подходов, приведен стандартный подход к решению задач регулирования с применением теории мягких вычислений, где в качестве объекта регулирования используется модель электропривода постоянного тока.

В четвертой главе разработаны различные интеллектуальные системы управления электроприводом постоянного тока. Также представлены результаты моделирования каждой из систем.

В качестве объекта управления используем систему подчиненного регулирования, представленную на рисунке 1.

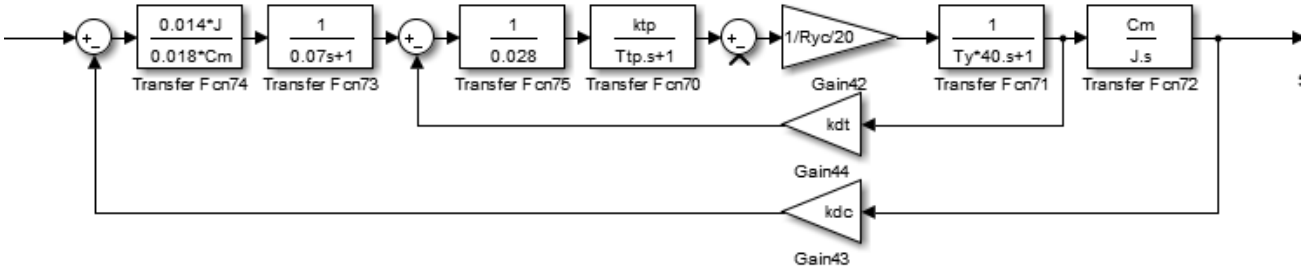


Рисунок 1 – Система управления с классическим регулятором скорости

Синтезирована многокаскадная нечеткая система управления (рисунок 2).

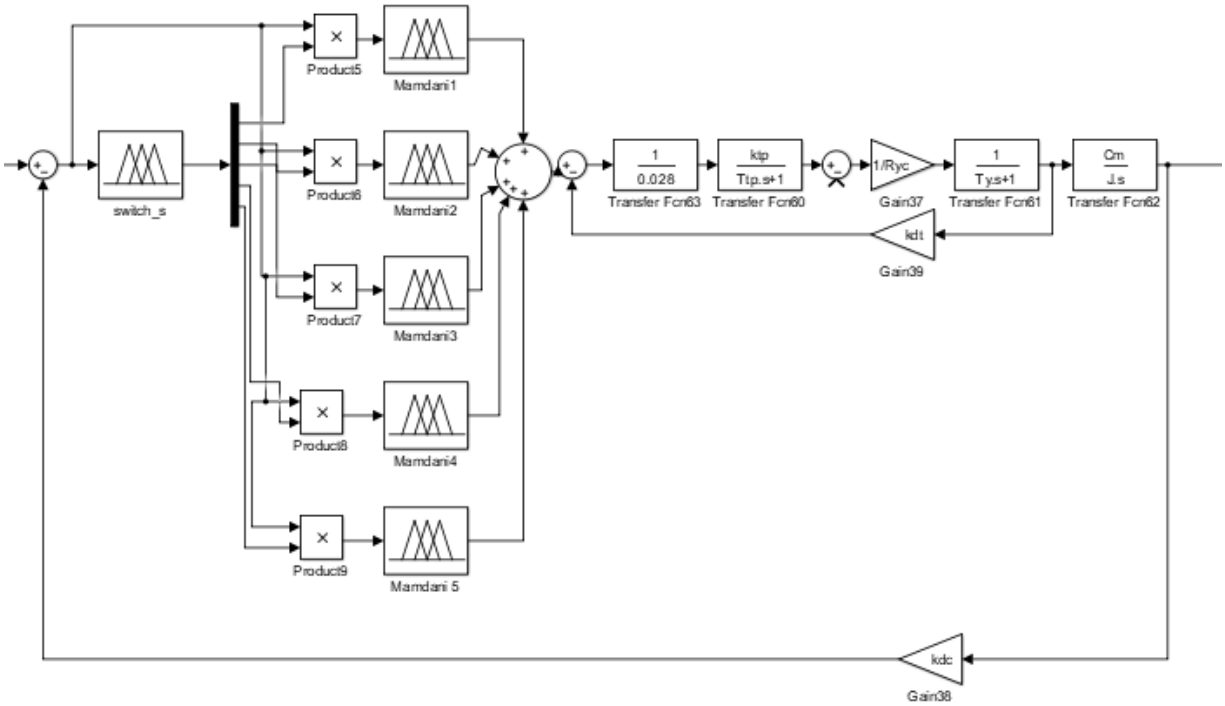
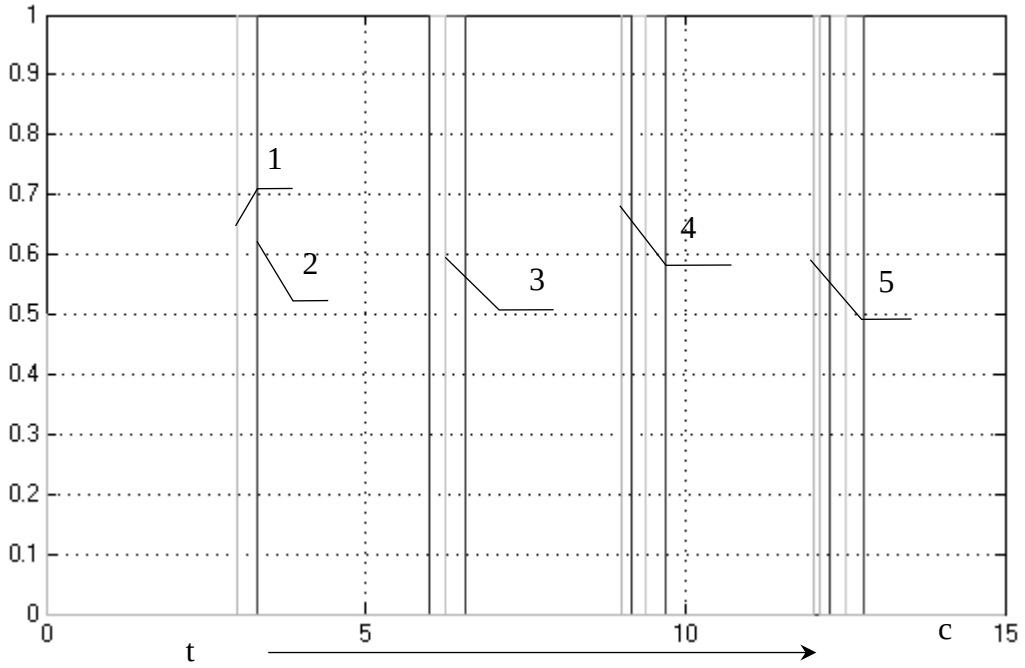


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления с двухкаскадным нечетким логическим регулятором

Нечеткий логический регулятор — switch_s в нашей системе управления является переключающим устройством, функционирующем с применением нечеткого логического вывода Сугено. Основной задачей данного регулятора является интеллектуальная оценка и выбор управляющего воздействия на внутренний каскад регуляторов.

Регуляторы во внутреннем каскаде функционируют с применением нечеткого логического вывода Мамдани.

На рисунке 3 показан график переключения регулятора switch_s.

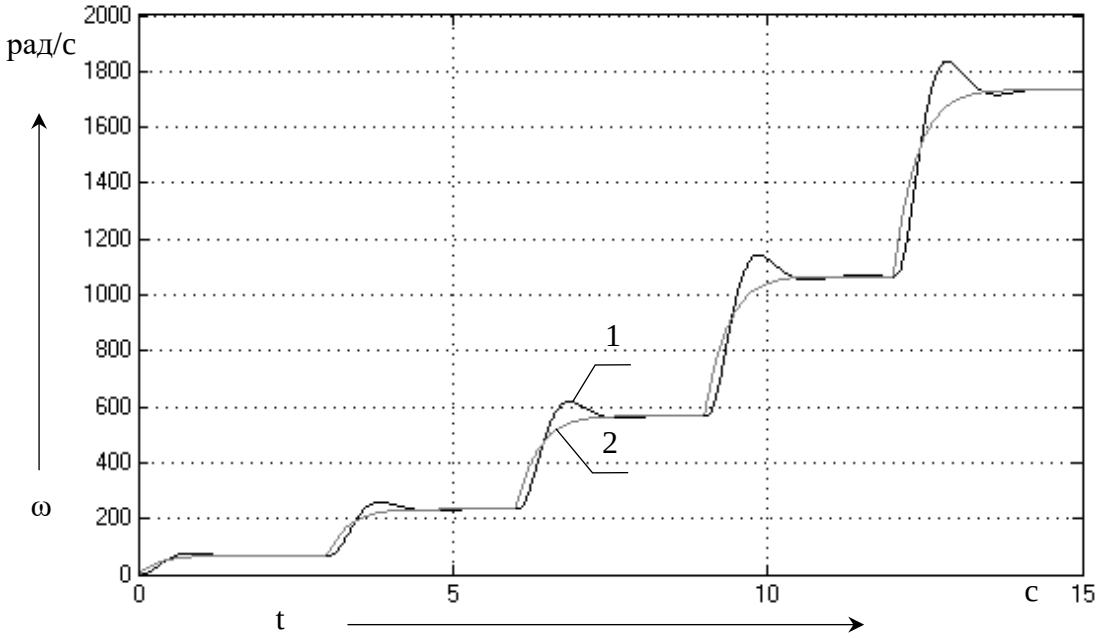


1 – момент включения регулятора Mamdani1; 2 – момент включения регулятора Mamdani2; 3 – момент включения регулятора Mamdani3
4 – момент включения регулятора Mamdani4; 5 – момент включения регулятора Mamdani5

Рисунок 3 – График переключения регулятора switch_s

Анализируя представленный график, можно наблюдать динамику управляющего воздействия нечеткого регулятора, отвечающего за переключение между регуляторами второго каскада в зависимости от входного воздействия. На протяжении всего переходного процесса регулятор остается активным, и выполняет включение определённого регулятора при достижении конкретного значения входного воздействия. Таким образом, добавление нечетких регуляторов во внутренний каскад системы управления позволяет эффективно контролировать и корректировать скоростные параметры в различных зонах, а также расширить диапазон регулирования, что способствует повышению ее стабильности и эффективности работы. каскада.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования реакции систем на подачу сигнала задания.



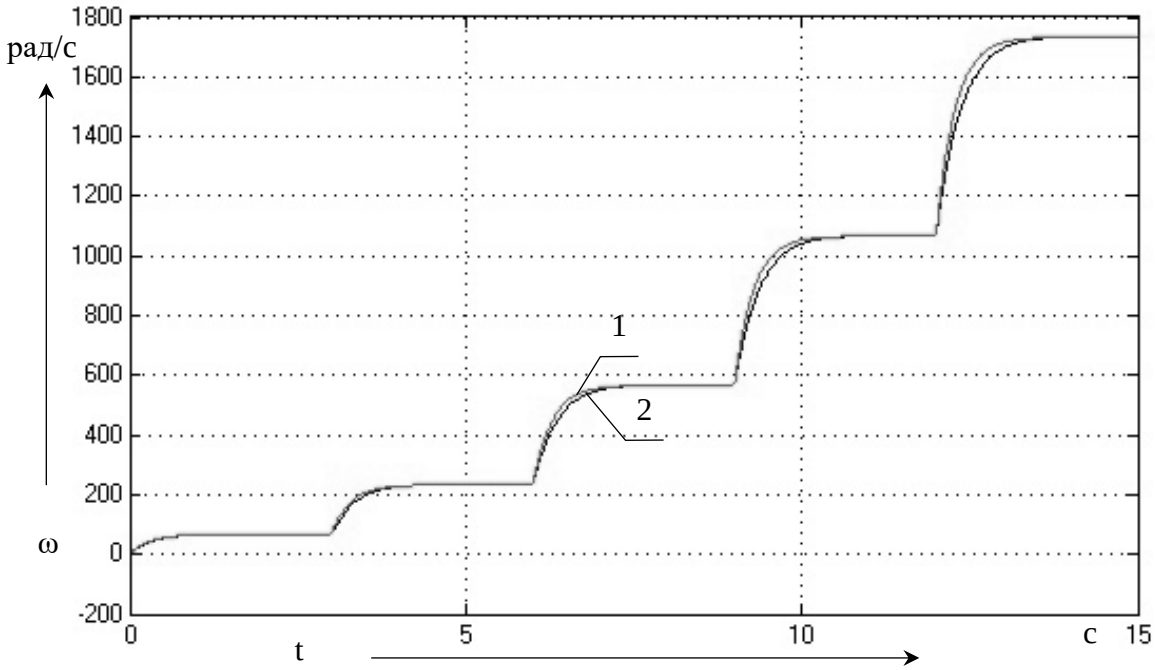
1 – классическая система; 2 – двухкаскадная нечеткая система управления с алгоритмом вывода Мамдани во внутреннем каскаде.

Рисунок 4 – Динамические характеристики систем управления электроприводом постоянного тока

Анализ полученных результатов, показывает правомерность применения нечетких регуляторов при синтезе систем управления двигателем постоянного тока. Многокаскадная нечеткая система управления обладает не худшими показателями качества регулирования, чем классическая система

В следующем подпункте синтезируем нечеткие логические регуляторы внутреннего каскада, функционирующие с применением нечеткого логического вывода Сугено.

Далее сравниваем результаты работы многокаскадных нечетких логических регуляторов при различных алгоритмах вывода регуляторов во внутреннем каскаде (рисунок 5).



1 – двухкаскадная нечеткая система управления с алгоритмом вывода Сугено во внутреннем каскаде; 2 – двухкаскадная нечеткая система управления с алгоритмом вывода Мамдани во внутреннем каскаде.

Рисунок 5 – Динамические характеристики систем управления электроприводом постоянного тока

Анализируя рисунок 5, можно выявить характеристики переходного процесса, а именно перерегулирование и время переходного процесса. Путем сравнения результатов с предыдущим регулятором, который использовал нечеткие регуляторы во внутреннем каскаде с алгоритмом вывода Мамдани, можно отметить, что показатель перерегулирования остался тем же, но путем внедрения внутреннего каскада с алгоритмом логического вывода Сугено удалось сократить время переходного процесса.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Различными подходами к настройке нечетких логических регуляторов выполнен синтез интеллектуальной системы управления электроприводом постоянного тока по технологии многокаскадного нечеткого управления.

2 Произведено моделирование многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока при различных подходах к настройке нечетких регуляторов.

3 Представлен сравнительный анализ многокаскадных нечетких систем управления, показывающий универсальные свойства представленной технологии многокаскадного регулирования, гибкость их настройки, возможность расширения интеллектуальных свойств и решения многокритериальной задачи по управлению.

4 Доказано преимущество применения многокаскадной нечеткой системы для решения многокритериальных задач управления в сложных технологических объектах.

По теме диссертации в материалах научно-технических конференций опубликованы следующие работы:

1. Черный, С. П. Моделирование нечеткой многокаскадной системы с двухзонным регулированием/ С. П. Черный, Н. Н. Духнов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых. В 2-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 05-11 декабря 2022 г. / редкол. : С.И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 112-115.

2. Черный, С. П. Анализ многокаскадных нечетких регуляторов в системах управления электроприводом постоянного тока в широком диапазоне регулирования/ С. П. Черный, Н. Н. Духнов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы в VI Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 2-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г. / редкол. : А. В. Ахметова (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 2. – С. 85-88.

3. Черный, С. П. Моделирование развитой нечеткой системы управления многосвязным объектом в условиях многокритериальности / С. П. Черный, К. А. Емельянов, Н. Н. Духнов, И. А. Сотников, Годяев А. И. // Ученые записки КнАГУ «Науки о природе и технике». – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ» 2023. – № 2(67).