

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

На правах рукописи

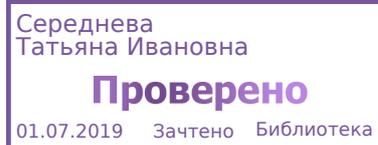
Бузикаева Алина Валерьевна

**Особенности моделирования многокаскадных
нечетких регуляторов для систем электроприводов
постоянного и переменного тока**

Направление подготовки

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



2019

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

Научный руководитель

Кандидат технических наук,
доцент кафедры Черный Сергей
Петрович

Рецензент

Кандидат технических наук,
главный инженер, ООО «Одиссей-ДВ»
Бакаев Виктор Викторович

Защита состоится «28» июня 2019 года в 10 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан 13 июня 2019 г.

Секретарь ГЭК

Д.О. Савельев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Общепринятые подходы к настройке систем с мягкими вычислениями дают хорошие результаты, когда необходимо реализовать традиционные законы регулирования, например, ПИ или ПИД. Для развитых слабоструктурированных объектов управления необходима реализация законов регулирования с более сложным наполнением. Подобные многокритериальные и многофакторные задачи могут успешно решаться с применением нейронной сети. Несмотря на обширный спектр возможностей искусственных нейронных сетей, существует и ряд недостатков, которые сопутствуют решению сложных задач. Поэтому представляется актуальным применение многокаскадных нечетких систем для реализации процедур управления в системах регулирования электроприводами постоянного и переменного тока. Целесообразность внедрения технологии многокаскадных нечетких систем при реализации единого интеллектуального управляющего модуля для сложных систем электропривода позволит реализовывать систему управления для целого класса систем электроприводов, учитывая неполноту и противоречивость исходных данных, а также все особенности и взаимосвязи между координатами в сложном объекте регулирования.

Целью данной работы является моделирование нечетких многокаскадных систем, обладающих достаточными универсальными свойствами, для реализации алгоритмов и законов управления целыми классами сложных объектов, такими, как системы управления электроприводами постоянного и переменного тока.

Основные задачи магистерской диссертации заключаются в реализации моделей нечетких многокаскадных модулей с различным сочетанием алгоритмов вывода для простых объектов регулирования и для сложных систем управления более высоких порядков. Исследование методик, позволяющих расширить интеллектуальные возможности таких регуляторов, и анализ полученных переходных характеристик нечеткой многокаскадной системы позволяют говорить об универсальности и эффективности

применения такого подхода к реализации многокаскадных систем управления электроприводами постоянного и переменного тока.

Характеристика объекта и предмета исследования. Объектом исследования является многокаскадный нечеткий логический регулятор, реализующий процедуру управления электроприводами постоянного и переменного тока. Предметом исследования представляются процедуры и законы управления, реализуемые такой интеллектуальной системой.

Характеристика методологического аппарата. При исследовании используются элементы интегрального и дифференциального исчисления, основные положения теории автоматического регулирования, а также теория мягких вычислений.

Научную новизну в данной работе можно определить как расширение возможностей типовых процедур управления реализуемых при помощи аппарата нечеткой логики для повышения интеллектуальных свойств таких систем, а также определение рекомендаций по настройке нечетких многокаскадных регуляторов для целого класса задач в области систем управления в электроприводах. Практическая значимость подтверждается участием в различных международных и всероссийских научно-практических конференциях.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна, практическая ценность.

В первой 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.

Во второй главе приведен стандартный подход к решению задач регулирования с применением теории мягких вычислений, где в качестве объекта регулирования используется модель электропривода постоянного тока. В ходе моделирования классический регулятор заменяется нечетким, на который накладывается ряд дополнительных требований и правил. Полученные в результате моделирования характеристики переходных процессов системы с нечетким логическим регулятором обладают более высокими показателями по быстродействию и существенным снижением перерегулирования относительно классических систем управления, использующих ПИД-закон, что позволяет утверждать о повышении качества динамических свойств системы в целом. Применение методов мягкого вычисления позволило повысить функциональность системы и сохранить основные показатели по качеству переходного процесса.

В третьей главе производится синтез интеллектуальной системы управления электроприводом переменного тока. Сложность реализации интеллектуальной системы управления для электропривода переменного тока обусловлена наличием ряда проблем, связанных с достаточно большим числом контуров регулирования системы, порядком объекта регулирования и количеством перекрестных связей. В качестве объекта регулирования будет использована математическая модель электропривода переменного тока на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Моделирование интеллектуальной системы выполняется с применением многокаскадного нечеткого регулятора. Главным отличием при настройке интеллектуальных регуляторов системы электропривода переменного тока от постоянного является изменение диапазона распределения функций принадлежности в блоке фазификации, что будет определять точность системы, при этом, не усложняя реализацию алгоритмов управления. Результаты моделирования указывают на правомерность

применения метода мягких вычислений при реализации модели нечеткой системы управления электроприводом переменного тока.

В четвертой главе проведен анализ эффективности применения технологии нечеткого многокаскадного управления для систем регулирования электроприводами постоянного и переменного тока, выявлены особенности функционирования таких систем.

В результате синтеза многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с алгоритмом вывода Сугено-Мамдани был получен график переходного процесса, анализируя который, можно сказать, что основным достоинством систем с нечетким логическим регулятором является отсутствие перерегулирования и незначительное увеличение быстродействия (рисунок 1). Система нормально обрабатывает нагрузку (в интервале 0,4 – 0,6 с). В установившемся режиме переходный процесс по скорости выходит на значение 7,48 рад/с.

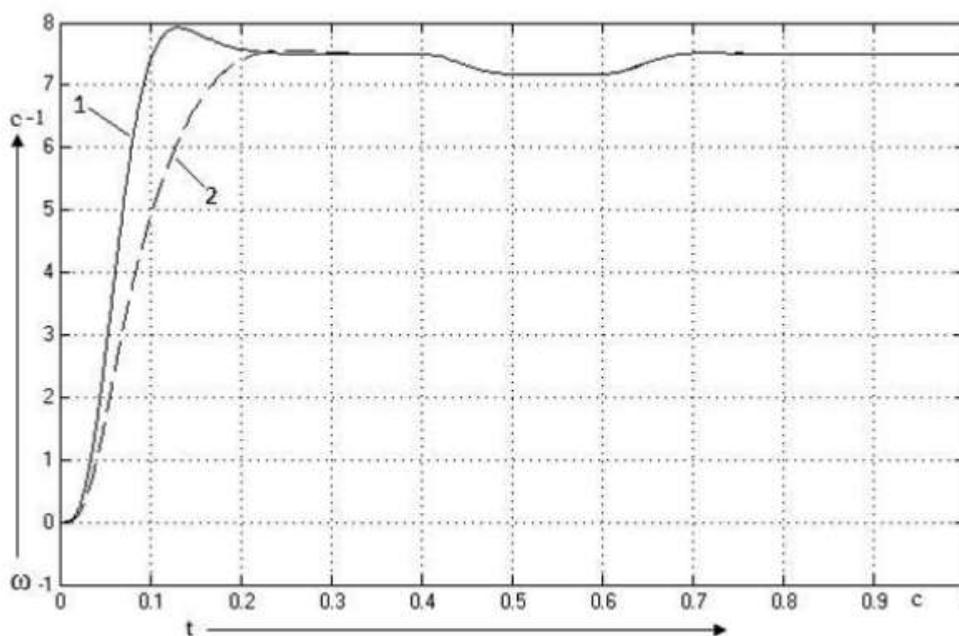


Рисунок 1 – График переходного процесса многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с алгоритмом вывода Сугено-Мамдани

Необходимо отметить, что выбор подобного сочетания алгоритмов нечеткого логического вывода обусловлен, прежде всего, простотой настройки блоков дефаззификации и базы правил, существенными

вычислительными возможностями, а также он позволяет совершать более гибкую настройку системы.

На рисунке 2 приведены результаты моделирования многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с алгоритмом вывода Мамдани-Мамдани. На графике видно, что система стабильна и переходные процессы сигналов классической и интеллектуальной систем в статическом режиме имеют одинаковый заданный уровень. Выходной сигнал нечеткой системы нормально обрабатывает нагрузку в интервале 0,4 – 0,6 с. Также присутствует допустимое перерегулирование.

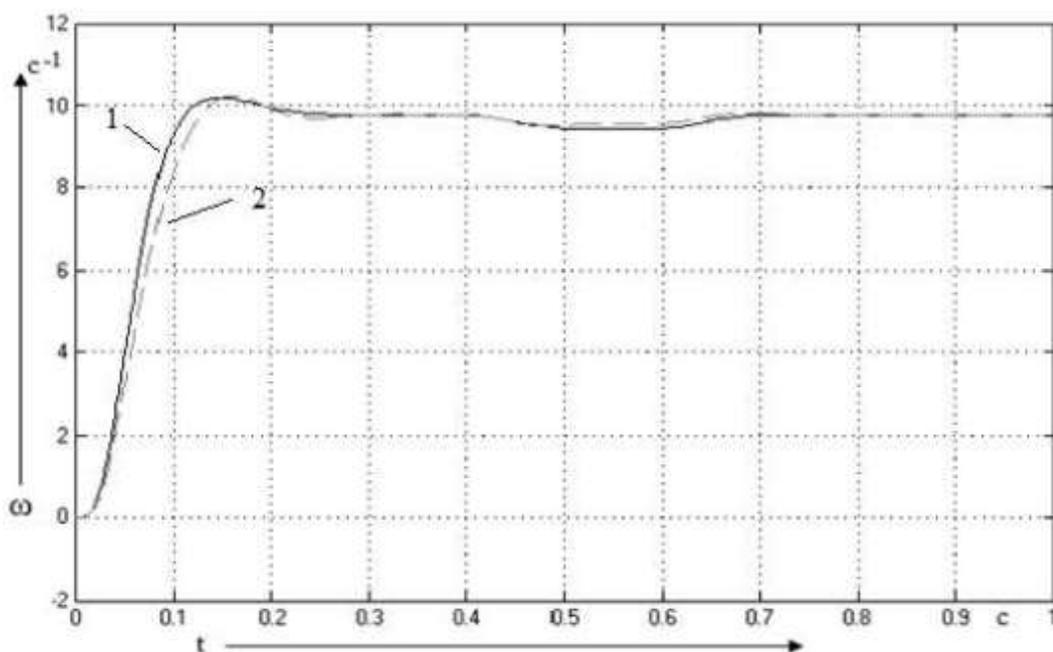


Рисунок 2 – График переходного процесса многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с алгоритмом вывода Мамдани-Мамдани

Поскольку в интеллектуальных системах типа Мамдани значения выходной переменной задаются нечеткими термами, то отличия между сочетаниями алгоритмов нечеткого логического вывода Сугено-Мамдани и Мамдани-Мамдани связаны с реализацией блока дефаззификации и обусловлены особенностями алгоритма вывода.

В результате моделирования нечеткого многокаскадного регулятора для электропривода переменного тока с алгоритмом вывода Сугено-Мамдани был получен графики переходных процессов системы, приведенный на рисунке 3. Нечеткая логика обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей реальных объектов и неполноту их формального описания. Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности.

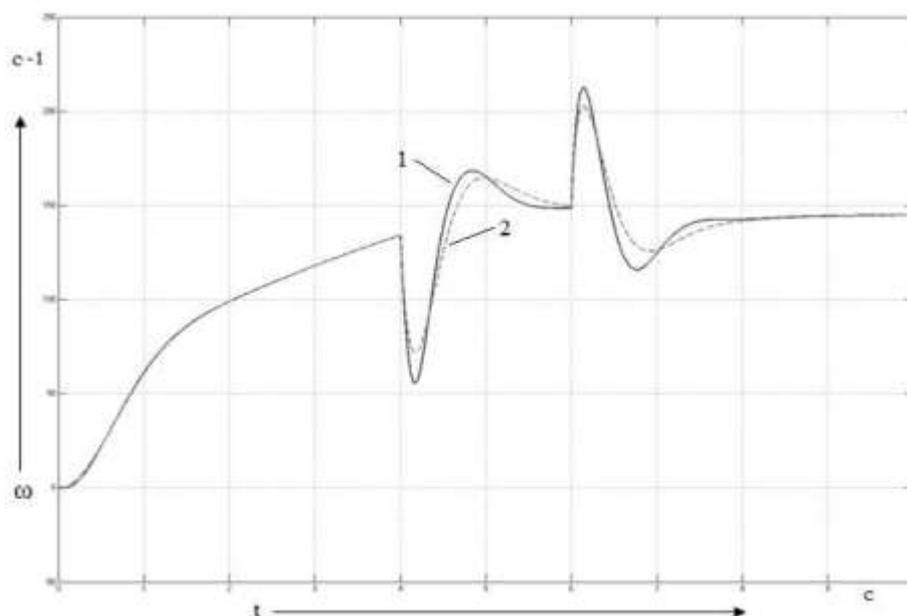


Рисунок 3 - График переходного процесса многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом переменного тока с алгоритмом вывода Сугено-Мамдани

В результате моделирования сложной системы управления с использованием многокаскадного нечеткого логического регулятора с алгоритмами вывода Мамдани-Мамдани было выявлено, что полученная система обладает не худшими показателями, чем классическая система управления электроприводом переменного тока (рисунок 4). Применение методов мягкого вычисления позволило повысить функциональность системы и сохранить основные показатели по качеству переходного процесса. Несмотря на функциональную сложность такого объекта регулирования, как электропривод переменного тока, настройка

интеллектуального многокаскадного регулятора выполняется проще и позволяет получать адаптированные переходные характеристики относительно алгоритма вывода Сугено, что доказывает существенный интеллектуальный потенциал регулятора Мамдани.

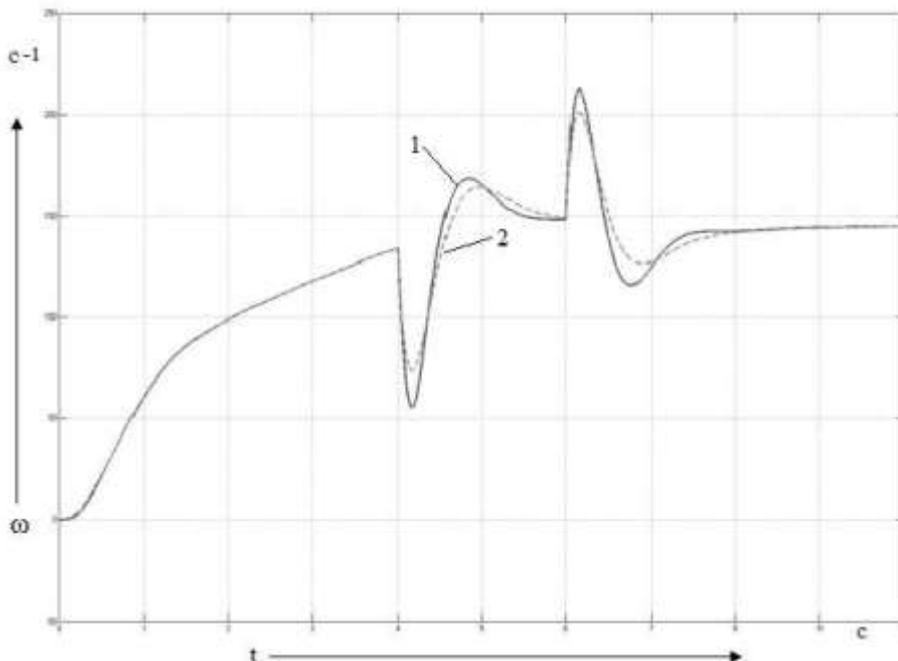


Рисунок 4 - График переходного процесса многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом переменного тока с алгоритмом вывода Мамдани-Мамдани

Анализ графика переходных процессов системы управления, имеющей в первом каскаде нечеткий регулятор с алгоритмом вывода Мамдани, указывает на правомерность применения метода мягких вычислений при реализации модели нечеткой системы управления электроприводом переменного тока. Также необходимо отметить, что использование алгоритма Мамдани позволяет совершать более гибкую настройку системы. Универсальность и простота расширения такой многокаскадной интеллектуальной системы связана лишь с увеличением количества простейших нечетких регуляторов во внутреннем каскаде.

В основе реализации и моделирования нечетких систем управления электроприводами постоянного и переменного тока лежит методика, основанная на технологии многокаскадного управления, которая позволяет в условиях неполноты информации об объекте и существенных недостатках

математического описания расширить интеллектуальные и функциональные возможности таких систем и сократить трудоемкость при реализации систем управления, основанных на интеллектуальных технологиях.

Такая технология внедрения многокаскадных нечетких регуляторов в системы управления электроприводами постоянного и переменного тока позволяет реализовывать законы управления любой сложности и получать качественные переходные процессы. Главным достоинством системы управления с мягкими вычислениями является ее гибкость и робастность к целому ряду внешних и внутренних воздействий.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Выполнен синтез интеллектуальной системы управления электроприводом постоянного тока по технологии многокаскадного нечеткого управления.

2 Произведено моделирование интеллектуальной системы управления электроприводом переменного тока с различным сочетанием алгоритмов вывода.

3 Представлен сравнительный анализ интеллектуальных многокаскадных регуляторов с различным сочетанием алгоритмов нечеткого вывода, показывающих универсальные свойства представленной технологии многокаскадного регулирования при переходе от одного класса объектов к другому.

4 Доказано преимущество и эффективность применения интеллектуального модуля для решения задач управления не только простыми объектами регулирования, но и сложными технологическими объектами.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1 Бузикаева, А.В. Коррекция параметров нечеткого регулятора при изменении параметров объекта регулирования / А.В. Бузикаева, С.П. Черный. -

International periodic scientific journal, SCIENTIFIC-WORLDJOURNAL, Issue No 15, Volume 1, (Yolnat PE, Minsk, 2017), December 2017. pp 22-26.

2 Бузикаева, А.В. Особенности моделирования сложных объектов с использованием интеллектуального подхода / А.В. Бузикаева, С.П. Черный. - Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 29-30 сентября 2017 г. / рекол.: С.В. Белых (отв. ред.) - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КНАГТУ", 2017.- С 34-37.

3 Бузикаева, А.В. Анализ влияния параметров объекта управления на основные характеристики нечеткого регулятора / Е.О. Полей, С.П. Черный, А.В. Бузикаева, Чжо Мин У.– Ученые записки КНАГУ, Комсомольск-на-Амуре, 2018, № I – 1(33), "Науки о природе и технике". - С.28-33.

4 Бузикаева, А.В. Интеллектуальные подходы к моделированию сложных объектов / А.В. Бузикаева, С.П. Черный. - Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018г.: в 2 ч. /редкол.: Э. А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. – Ч.1 - 500 с.

5 Бузикаева, А.В. Особенности реализации нечетких многокаскадных систем для управления электроприводом переменного тока / А.В. Бузикаева, С.П. Черный. – The International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies", Issue No 5, Vol.1, October 2018, pp 37-41.

6 Buzikaeva, A.V. Features of implementation of fuzzy multiple systems for controlling the electric actuator AC / A.V. Buzikaeva, S.P. Cherny. - International Conference "Technique and technology of the future 'in 2018", Karlsruhe, Germany (October 16-17, 2018).

7 Бузикаева, А.В. Моделирование нечеткой системы управления с учетом изменения параметров объекта регулирования / А.В. Бузикаева, С.П. Черный. – Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы XIII Международной научно-технической конференции / М-во образ. и науки РФ; Вологодс. гос. у-нт.; - Вологда: ВоГУ, 2018. – С. 60-65.

8 Buzikaeva, A.V. Fuzzy Multi-Cascade AC Drive Control System / A.V. Buzikaeva, S.P. Cherny. - International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2018.

9 Бузикаева, А.В. Один из подходов к реализации модели нечеткого логического регулятора с пространственными функциями принадлежности / Е.О. Полей, С.П. Черный, А.В. Бузикаева, С.А. Васильченко, А.С. Гудим – Ученые записки КнАГУ, Комсомольск-на-Амуре, 2018, № IV – 1(36), ”Науки о природе и технике”. - С.25-32.

10 Бузикаева, А.В. Особенности моделирования интеллектуальных регуляторов для систем электропривода переменного и постоянного тока / С.П. Черный, А.В. Бузикаева. - Г12 «Гагаринские чтения – 2019»: Сборник тезисов докладов. – М.: МАИ, 2019. – 1345 с.

11 Бузикаева, А.В. Анализ подходов к расширению интеллектуальных возможностей нечетких систем / А.В. Бузикаева, С.П. Черный. - Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований :материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019г.: в 4 ч. / редкол.: Э. А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч.1 - 524 с.

12 Бузикаева, А.В. Анализ влияния параметров объекта управления на коэффициенты полинома в алгоритме вывода Сугено первого порядка / С.П. Черный, А.В. Бузикаева, М.В. Шевченко, А.К. Тимофеев.– Ученые записки КнАГУ, Комсомольск-на-Амуре, 2019, № II – 1(38), ”Науки о природе и технике”. - С.21-28.