

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

664074 Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 83  
телефон: +7(3952)405-000, факс: +7(3952)405-100

E-mail: [info@istu.edu](mailto:info@istu.edu)

ОКПО 02068249, ОГРН 1023801756120

ИНН/КПП 3812014066/381201001

№ \_\_\_\_\_

на № \_\_\_\_\_

от

*29.10.2024*

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образова-  
ния «Иркутский национальный  
исследовательский технический  
университет», кандидат геолого-  
минералогических наук

А.М. Кононов

*А.М. Кононов*  
2024 г.

Отзыв ведущей организации

## ОТЗЫВ

Ведущей организации ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» на диссертационную работу Бузикаевой Алины Валерьевны «Разработка и исследование принципов построения многокаскадных нечетких регуляторов на примере систем управления электроприводами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

### Актуальность темы диссертационной работы

Анализ влияния сочетания различных алгоритмов выводов на качество процедур управления различными системами электроприводов, устранение неопределенности и неполноты информации по ряду основных характеристик такого объекта, реализация процедур управления при его функционировании в различных режимах с учетом нестационарности параметров определяют необходимость решения ряда актуальных задач по формированию принципов построения многокаскадных нечетких логических регуляторов для систем электроприводов.

### Краткий обзор содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 124 страни-

009714



цах и содержит 60 рисунков, 9 таблиц и список литературы, включающий 119 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна, выделены основные положения, выносимые на защиту, отражена практическая значимость результатов проведенного исследования.

**В главе 1** проведен анализ теоретических и практических направлений исследований области управления системами электропривода с применением аппарата теории нечетких множеств, показаны основные задачи, вызывающие интерес у исследователей в этой области, а также обозначены проблемы, решение которых на данный момент является затруднительным.

**В главе 2** представлен анализ классических подходов по решению задач управления с использованием теории мягких вычислений (теории нечетких множеств) на примере электропривода постоянного тока и выявлены достоинства и недостатки использования стандартных моделей нечетких систем для подобного класса объектов. Предложен подход построения многокаскадного нечеткого логического регулятора, обеспечивающий улучшение основных показателей качества управления технологическим процессом. С учетом анализа существующих подходов разработаны математическое описание и алгоритм функционирования многокаскадного нечеткого логического регулятора. На основании полученных в результате моделирования динамических характеристик проведен анализ эффективности работы многокаскадной нечеткой системы управления путем оценки реакции системы на нестационарность параметров тиристорного преобразователя при изменении его коэффициентов в широком диапазоне и при подаче сложного сигнала с различными уровнями порогового значения. Результаты моделирования и проведенный анализ позволили сформулировать требования к настройке многокаскадных нечетких логических регуляторов.

**Глава 3** посвящена разработке многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом переменного тока на основе ранее сформулированного подхода. Путем изменения расчетного значения величины потокосцепления проводилась оценка влияния нестационарности на выходные параметры модели электропривода. Выполнен сравнительный анализ поведения многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом переменного тока с различным сочетанием нечетких выводов при подаче на вход ступенчатого сигнала сложной формы.

**В главе 4** получена модель интеллектуальной системы управления двухзонным регулированием скорости, основанной на применении многокаскадного нечеткого логического регулятора с различным сочетанием алгоритмов вывода.



Проведено исследование работоспособности системы управления путем анализа ее реакции на изменения коэффициента усиления тиристорного преобразователя якорной цепи в заданном диапазоне. Проанализировано поведение системы автоматического управления с двухзонным регулированием скорости с различным сочетанием нечетких выводов в режимах работы «до номинальной скорости» и «сверх номинальной скорости».

**В заключении** изложен общий вывод по диссертационной работе и представлены основные результаты исследования.

В приложении приведены: документы, подтверждающие внедрение и использование результатов диссертационной работы, листинг программного обеспечения, реализующего многокаскадную нечеткую систему управления технологическим процессом, а также свидетельства результатов интеллектуальной деятельности.

### **Научная новизна и основные результаты исследования**

В диссертации, получены следующие результаты, характеризующиеся новизной:

1. предложен новый подход построения интеллектуальных систем управления на базе теории нечетких множеств, обеспечивающий улучшение основных показателей качества управления системами электропривода;
2. разработаны модели и алгоритмы настройки многокаскадных нечетких регуляторов, позволяющие расширить функциональные возможности интеллектуальных систем управления электроприводами и сократить количество входных лингвистических переменных размерность базы знаний;
3. разработаны алгоритмы многокаскадного управления для систем управления электроприводами с двузонным регулированием скорости;
4. предложены структуры многокаскадных нечетких регуляторов, сочетающие в себе различные механизмы выводов и обеспечивающие улучшение требуемых показателей качества переходного процесса.

### **Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертации**

Полученные в диссертации результаты и выводы являются обоснованными и достоверными, что подтверждается:

- корректным использованием математического аппарата, аналитическим и имитационным моделированием, сопоставлением частных результатов математического моделирования с имеющимися результатами в данной области;
- обсуждением результатов диссертации на международных и отечественных конференциях, научных семинарах, выставках и результатами их практической апробации;



- результатами внедрения разработанных алгоритмов управления экспериментальных исследований в промышленности и учреждениях отраслевой системы подготовки кадров.

Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на российский и международных конференциях, научных семинарах и достаточно полно опубликованы соискателем в 20 работах, в том числе: 7 работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 работах в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science; 4 зарегистрированных охранных документах на результаты интеллектуальной деятельности.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Заключается в:

- разработке математического описания многокаскадного нечеткого логического регулятора, реализации имитационных моделей электроприводов постоянного и переменного тока при многокаскадных принципах регулирования и формируемых ими сложных законах управления;

- разработке интеллектуальной системы двухзонного регулирования на основе многокаскадного нечеткого логического регулятора, обеспечивающего автоматический переход между зонами без потери показателей качества управления.

Результаты диссертационной работы внедрены в области автоматизации технологических процессов на Комсомольской дистанции электроснабжения Дальневосточной дирекции по энергообеспечению ОАО «РЖД», а также в учебный процесс процессе кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГБОУ ВО «Комсомольского-на-Амуре государственного университета». Соответствующие акты внедрения прилагаются.

### **Замечания по диссертационной работе**

По диссертации А.В. Бузикаевой имеется несколько замечаний.

1. В диссертационной работе не показано, каким образом выбор представленной формы функций принадлежности оказывает влияние на эффективность выработки процедур управления при помощи многокаскадного нечеткого регулятора.

2. При формировании нечеткого регулятора, реализующего внешний каскад интеллектуальной системы управления, не определено количество правил, необходимых для реализации базы знаний.

3. В диссертационном исследовании не обоснован выбор диапазонов функционирования лингвистических переменных в элементарных модулях вложенных каскадов.



4. Из текста диссертации остается непонятным, каким образом исключаются или компенсируются нелинейные элементы в структуре системы управления электроприводом с двузонным регулированием скорости.

Однако указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования, а также не ставят под сомнение достоверность и обоснованность полученных автором результатов.

### **Выводы**

Диссертационная работа Бузикаевой А.В. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой автором решена научно-техническая задача синтеза многокаскадных нечетких логических регуляторов для различных систем электроприводов, функционирующих в различных режимах. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание.

Диссертационная работа «Разработка и исследование принципов построения многокаскадных нечетких регуляторов на примере систем управления электроприводами» отвечает требованиям пп.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Бузикаева Алина Валерьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Диссертационная работа Бузикаевой А.В., автореферат и отзыв ведущей организации были рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры электропривода и электрического транспорта. Присутствовало 9 человек, из них 1 доктор наук, 2 профессора (протокол № 3 от 28 октября 2024 года).

Заведующий кафедрой электропривода и электрического транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,

кандидат технических наук, доцент

— Арсентьев Олег Васильевич

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Адрес: Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83;

Тел.: 8 (3952) 405-100;

E-mail: info@istu.edu;

Веб-сайт: www.istu.edu