

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Бузикаевой А.В. направлена на разработку принципа построения нечетких систем управления сложными технологическими объектами на примере электроприводов постоянного и переменного тока. В работе решена актуальная задача, которая направлена на повышение интеллектуальных свойств регуляторов путем структурного объединения их в виде каскадного набора с различными комбинациями алгоритмов нечетких выводов. Результаты, полученные в рамках диссертационной работы, основаны на едином подходе синтеза параметров внешнего и внутреннего каскадов двухкаскадного нечеткого логического регулятора.

Актуальность обусловлена необходимостью внедрения технологии многокаскадных нечетких логических регуляторов при их реализации в виде единого интеллектуального управляющего модуля для сложных систем автоматизации в условиях существенного влияния негативных факторов, например, неполнота и противоречивость исходных данных, нелинейность, а также наличие взаимосвязей между координатами.

Краткий обзор содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 124 страницах (без приложений) и содержит 60 рисунков, 9 таблиц и список литературы из 119 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна, практическая ценность, а также определены требования к технологическим объектам управления, которые характеризуются нестационарностью и неполнотой априорной информации.

В главе 1 представлен анализ ключевых направлений исследования в области искусственного интеллекта: генетические алгоритмы, нейронные сети и аппарат нечеткой логики. Кроме того выявлены преимущества и недостатки каждого рассматриваемого метода интеллектуального управления технологическим объектом.

Проанализированы технологические процессы, для которых реализуется интеллектуальный подход в управлении, а также основные пути развития

нечетких систем управления, ориентированных на индивидуальные качества объектов регулирования.

В работе автор отмечает, что применение стандартных структур нечетких систем ведет к увеличению количества входных и выходных лингвистических переменных, и, следовательно, существенному росту алгоритмической сложности из-за перехода базы знаний в гиперпространственную форму. В результате чего возникает необходимость в формировании новой методике, связанной с использованием нескольких последовательно включенных каскадов нечетких логических регуляторов.

В главе 2 приведен анализ стандартного подхода по решению задач управления с применением теории нечетких множеств для системы автоматического управления электроприводом постоянного тока. Выявлены положительные качества применения нечетких логических регуляторов в таких системах. Однако наряду с преимуществами классического метода нечеткого управления были выделены и недостатки: отсутствие возможности перенастройки законов управления в условиях существенного изменения режимов работы объекта, увеличение количества лингвистических переменных в нечетком регуляторе, и, как следствие, возрастание объема базы знаний. В результате автор предлагает использовать двухкаскадную иерархическую структуру, внешний каскад которой является интеллектуальным переключающим устройством, а вложенный каскад состоит из набора нечетких модулей, позволяющих переключать режимы работы.

Представлено математическое описание многокаскадного нечеткого логического регулятора, учитывающее особенности механизмов вывода внешнего каскада. В результате синтеза математической модели двухкаскадной нечеткой системы регулирования электроприводом постоянного тока с комбинациями алгоритмов вывода Сугено-Мамдани и Мамдани-Мамдани были получены динамические характеристики, отражающие качество переходного процесса.

Для оценки эффективности работы многокаскадной нечеткой системы регулирования было исследовано влияние нестационарности параметров тиристорного преобразователя при изменении его коэффициентов в широком диапазоне.

В главе 3 представлены результаты синтеза многокаскадных нечетких систем для реализации процедур управления электроприводом переменного тока. Был осуществлен сравнительный анализ выходных динамических характеристик двухкаскадной системы регулирования с различными сочетаниями алгоритмов вывода.

Синтез многокаскадных нечетких алгоритмов по предложенной методике и исследование систем управления электроприводами переменного тока продемонстрировали, что данный подход менее чувствителен к неполноте математического описания объекта регулирования, позволяет улучшить основные показатели качества, расширяет функциональные

возможности управления электроприводами и придает свойства интеллектуальности таким системам.

Также был осуществлен анализ поведения многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом переменного тока с различным сочетанием нечетких выводов путем подачи на вход ступенчатого сигнала сложной формы.

Глава 4 посвящена исследованию интеллектуальной системы управления электроприводом постоянного тока с двухзонным регулированием скорости. На основе классического математического описания системы двухзонного регулирования, объект управления которого характеризуется наличием существенных нелинейностей, был синтезирован многокаскадный нечеткий логический регулятор в контуре управления скоростью.

Основными целями задачи управления являются как ослабление влияния нестационарных параметров процесса на выходную величину, так и снижение неточности регулирования, обусловленной существенным количеством допущений и ограничений. Внедрение в систему многокаскадного нечеткого логического регулятора позволит за счет некоторого усложнения структурной реализации согласовать параметры нечетких регуляторов, синтезированных для работы в режимах «до номинальной скорости» и «выше номинальной скорости».

Кроме того автор проводит исследование работоспособности системы управления путем анализа реакции системы на отработку управляющего сигнала сложной формы при резко переменной нагрузке на валу двигателя. Динамические характеристики двухзонной системы управления электроприводом, работающей в различных режимах, позволяют оценить основные показатели качества регулирования при функционировании двухкаскадной нечеткой системы управления с различным сочетанием алгоритмов вывода.

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

Научная новизна и основные результаты исследования

Научная новизна работы определяется предложенным автором комплексным подходом создания многокаскадных нечетких систем управления электроприводами постоянного и переменного тока, что потребовало:

1. предложен новый подход построения многокаскадных нечетких логических регуляторов, обеспечивающий улучшение основных показателей качества управления технологическим процессом;
2. разработаны модели и алгоритмы настройки многокаскадных нечетких логических регуляторов, позволяющие расширить функциональные возможности таких систем и снизить количество входных лингвистических

переменных, а также объем и размерность базы знаний;

3. разработаны алгоритмы многокаскадного управления технологическими объектами с учетом особенностей их функционирования;

4. предложены структуры комбинированных нечетких логических регуляторов, сочетающие в себе различные механизмы выводов и обеспечивающие улучшение требуемых показателей качества переходного процесса.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на российский и международных конференциях и достаточно полно опубликованы соискателем в 20 работах, в том числе 7 статей из перечня, рекомендованного ВАК РФ, 6 статей, представленных в международных наукометрических базах цитирований, 4 свидетельств о регистрации ЭВМ.

Результаты диссертационной работы внедрены в области автоматизации технологических процессов в промышленности, а также в учебный процесс:

- разработка элементов и алгоритмов для интеллектуальной системы управления электроприводом, позволяющие адаптировать методы принятия решений по оптимизации объектов электроснабжения (Комсомольская дистанция электроснабжения Дальневосточной дирекции по энергообеспечению ОАО «РЖД»),

- алгоритмы многокаскадного управления технологическими объектами с учетом особенностей их функционирования, а также модели комбинированных нечетких логических регуляторов, сочетающие в себе различные механизмы выводов (учебный процесс ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»).

Соответствующие акты внедрения прилагаются.

Практическая значимость диссертационной работы

Содержится в:

- разработке математического описания сложной многокаскадной нечеткой системы управления, учитывающей внутренние и внешние факторы;

- реализации различных моделей электроприводов постоянного и переменного тока при многокаскадных принципах регулирования и формируемых ими сложных законов управления;

- разработке интеллектуальной системы двухзонного регулирования, обеспечивающего автоматический переход между зонами без потери показателей качества управления.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации Бузикаевой А.В. имеется несколько замечаний.

1. Описание НЛР на стр. 33-35 мало отличаются от типичных моделей нечеткого вывода в учебных пособиях и руководствах в Fuzzy Tools. Распределение термов (рис.2.8) стандартное, без указаний значений [BN,N,Z,P,BP], как по входу, так и по выходу. В качестве результата: получен переходный процесс без пере-регулирования. Применение НЛР, в таком случае, смотрится как панацея от всех бед. Хотелось бы узнать за счет чего в контурах, которые настраивают на модульный оптимум и, тем более, симметричный, достигнуто отсутствие пере-регулирования.

2. Пакет Fuzzy Tools позволяет представлять одномерные НЛР в виде графика кривой, которая по сути есть аппроксимация нечеткого вывода. Это позволило бы найти причины избавления от пере-регулирования однако в работе графического представления этих аппроксимаций нет. И даже для двумерных НЛР можно рассматривать поверхности нечеткого вывода.

3. Распределение термов на рис.2.7 по положению и на рис.2.8 по скорости, однако в структурной схеме (рис.2.5) нет оценки производной, чтобы определить скорость. Хотя ее можно было взять из входа последнего интегратора. Но даже если так, то где в структурной схеме блок нечеткого вывода по скорости?

4. На рис.2.10 и подобных им 2.14, 2.5 (почему то после рис. 2.23 (стр.49) нумерация сбрасывается на рис.2.4 (стр 50)) на увеличенных фрагментах не указаны значения по осям X, Y.

5. Матмодель на рисунке 2.1 имеет подписи размером, значительно меньше чем размер основного текста (примерно в 4 раза). Имея электронный вариант диссертации: рисунок читабельный при увеличении масштаба. Однако, стоило бы показать текст диссертации редактору какого нибудь издательства. По требованиям, обычно, текст на рисунках может быть на один два пункта меньше, чем основной текст (14pt, 12pt, 10pt). То есть в 1,5 раза меньше.

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

Выводы

Оценивая работу в целом, следует отметить, что, несмотря на указанные недостатки, представленная диссертация Бузикаевой А.В. на тему «Разработка и исследование принципов построения многокаскадных нечетких регуляторов на примере систем управления электроприводами» является законченным научным исследованием на актуальную тему. Работа выполнена на высоком уровне, имеет большое практическое значение, написана технически грамотно с правильным логическим изложением материала.

Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует пунктам 9-14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 г. за № 842), а ее автор Бузикаева Алина Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, профессор отделения электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»


Шилин Александр Анатольевич

22 октября 2024 г.

Подпись Шилина Александр Анатольевича заверяю,

И.о. ученого секретаря ТПУ Новикова Валерия Дмитриевна





_____ 22 октября 2024 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30

Телефон: 8 (3822) 60-63-33

Электронная почта: tpu@tpu.ru

Сайт: <https://www.tpu.ru/>