

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

На правах рукописи

Полей Евгений Олегович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЧЕТАНИЯ
НЕЧЕТКИХ ВЫВОДОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

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 техническом 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

Применение типовых подходов при реализации интеллектуальных систем управления на базе нечеткой логики для сложных технологических объектов является весьма ограниченным. Вместе с тем применение такого аппарата, как нейронная сеть наталкивается на существенные сложности связанные с высокой трудоемкостью настройки таких управляющих модулей. Поэтому представляется актуальным применение многокаскадных нечетких систем для реализации процедур управления в системах регулирования электроприводами. Представленный подход будет сочетать в себе вычислительные мощности нейронных сетей, интуитивную простоту и гибкость нечетких множеств.

Целью данной работы является моделирование нечетких многокаскадных систем с различным сочетанием алгоритмов вывода для реализации законов управления на примере следящих систем.

Основные задачи магистерской диссертации – Реализация моделей нечетких многокаскадных модулей с различным сочетанием алгоритмов выводов, исследование направлений и возможностей к их расширению, а также анализ характеристик интеллектуальных систем построенных с применением предложенной методики.

Характеристика объекта и предмета исследования – Объектом исследований является многокаскадный нечеткий логический регулятор для реализации процедур управления, на примере системы следящего электропривода, при этом предметом исследований 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 и практическую значимость 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.

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 мягких вычислений, представлено описание нечеткого логического вывода, а также введены понятия лингвистической и нечеткой переменных. Определены основные недостатки типовых решений по управлению в системах электроприводов при использовании теории нечетких множеств.

Во второй главе показан типовой подход к решению задач регулирования с применением теории мягких вычислений. На рисунке 1 представлена структурная схема интеллектуальной системы управления двигателем постоянного тока с нечетким регулятором. Моделирование проводилось с использованием среды инженерных вычислений.

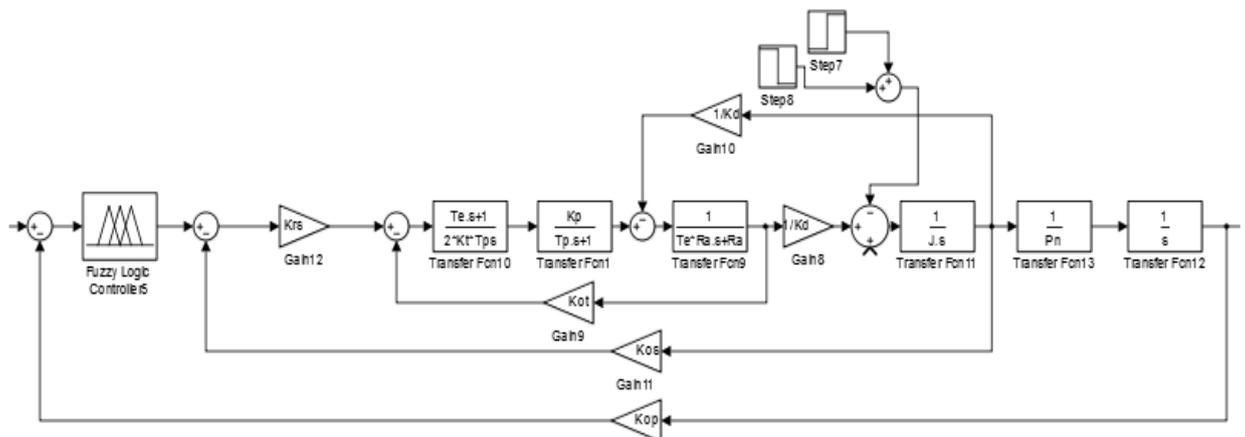


Рисунок 1 – Структурная схема электропривода постоянного тока с нечетким регулятором

В процессе моделирования системы с применением нечеткого логического вывода Мамдани, были получены графики переходных процессов системы по скорости, анализ которых показал улучшение основных показателей. Динамические характеристики модели интеллектуальной системы управления с алгоритмом нечеткого вывода Мамдани представлены на рисунке 2.

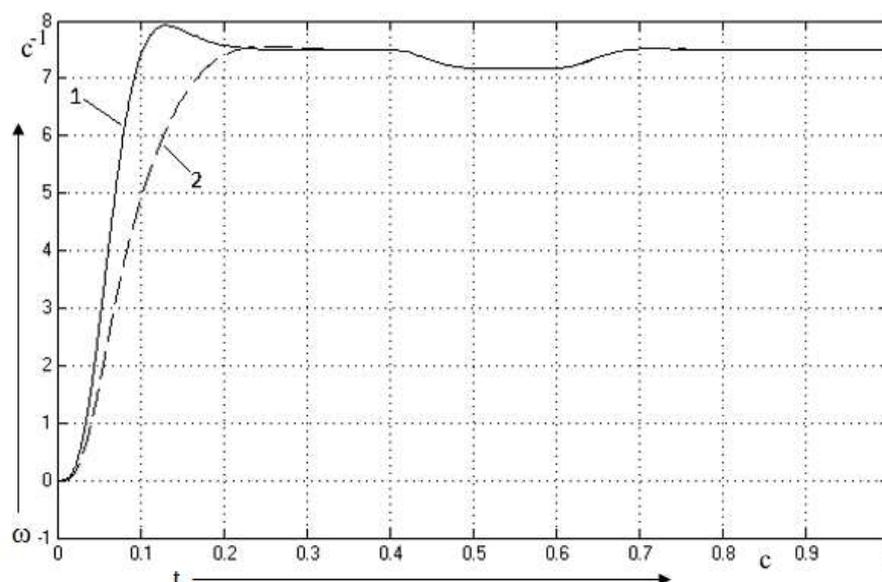


Рисунок 2 – Переходные процессы в системе управления
 (1 – система с классическим регулятором,
 2 – система с нечетким регулятором)

Исходя из приведенных на рисунке 2 характеристик видно, что переходный процесс в классической системе управления имеет перерегулирование, в то время как, в системе с нечетким логическим регулятором перерегулирования отсутствует. Внешнее возмущающее воздействие обе системы полностью компенсируют.

Так же во второй главе приведен анализ стандартных нечетких подходов к реализации систем управления электроприводами, выявлены достоинства и недостатки таких типовых подходов, а также обоснована целесообразность расширения таких систем.

В третьей главе описывается алгоритм создания интеллектуального модуля в виде многокаскадного нечеткого логического регулятора (МНЛР) для процедуры управления следящими электроприводами. Для его формирования созданы два каскада. Внутренний представляет собой ряд простейших регуляторов, имеющих единственные функции принадлежности на входе и выходе. Внешний выполняет функции интеллектуального переключающего устройства, обладающего единственной лингвистической переменной на входе и тремя информационными выходами.

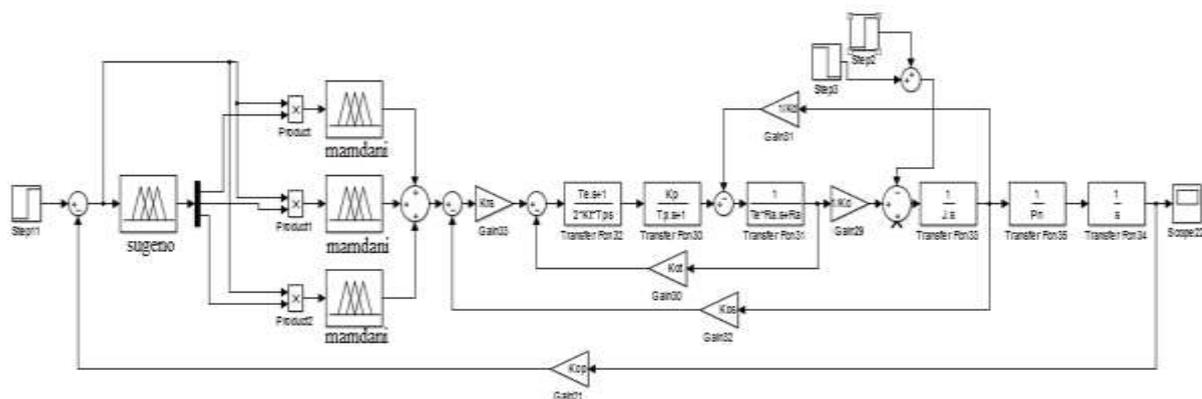


Рисунок 3 – Модель системы следящего электропривода с интеллектуальным модулем

На рисунке 3 изображена модель следящего электропривода с интеллектуальным модулем. Модуль состоит из двух каскадов. Внутренний каскад представлен набором регуляторов Мамдани, с единственными функциями принадлежности на входе и выходе. Основным отличием регуляторов расположенных во внутреннем каскаде являются величины диапазонов регулирования лингвистических переменных в блоках фаззификации. Изменение этих диапазонов соответствует возможным прогнозируемым значениям вариации сигналов задания и находятся в интервале $[5.6; 10.4]$, что соответствует 30% отклонению этого сигнала. Внешний каскад интеллектуального модуля представляет собой нечеткое переключающее устройство с алгоритмом вывода Сугено и описывается единственной лингвистической переменной на входе и тремя на выходе. Присутствующие в структуре блоки умножения дополняют внешний каскад, реализуя функцию барьера при пропуски сигнала к соответствующим элементам внутреннего каскада, наличие этих дополнительных блоков обусловлено особенностями функционирования алгоритма нечеткого логического вывода Сугено нулевого порядка. Структура многокаскадного нечеткого регулятора с алгоритмом вывода Сугено-Мамдани представлена на рисунке 4.

Для исследования законов управления нечетким многокаскадным модулем произведем моделирование структурного решения представленного на рисунке 5. Отличительной особенностью, которого является реализация модулей внутреннего каскада с применением алгоритма Сугено. При реализации данного структурного решения неизменными остаются интеллектуальное переключающее устройство, реализующее внешний

каскад, буферный механизм, состоящий из блоков умножения, а так же диапазоны регулирования, формализуемые лингвистическими переменными блоков фаззификации простейших регуляторов внутреннего каскада.

Структурное решение, представленное на рисунке 6 обладает существенными отличиями от первых двух вариантов. Главной особенностью такого многокаскадного регулятора является применение алгоритма нечеткого логического вывода Мамдани во внешнем каскаде. Именно применение этого алгоритма позволит отказаться от использования механизма основанного на блоках умножения, и существенно расширить интеллектуальные возможности представленного подхода. Так же необходимо отметить, что представлены существенные изменения в структуре многокаскадного нечеткого регулятора повлекли за собой изменения в простейших модулях внутреннего каскада, которые связаны с изменением диапазонов регулирования блоков дефаззификации.

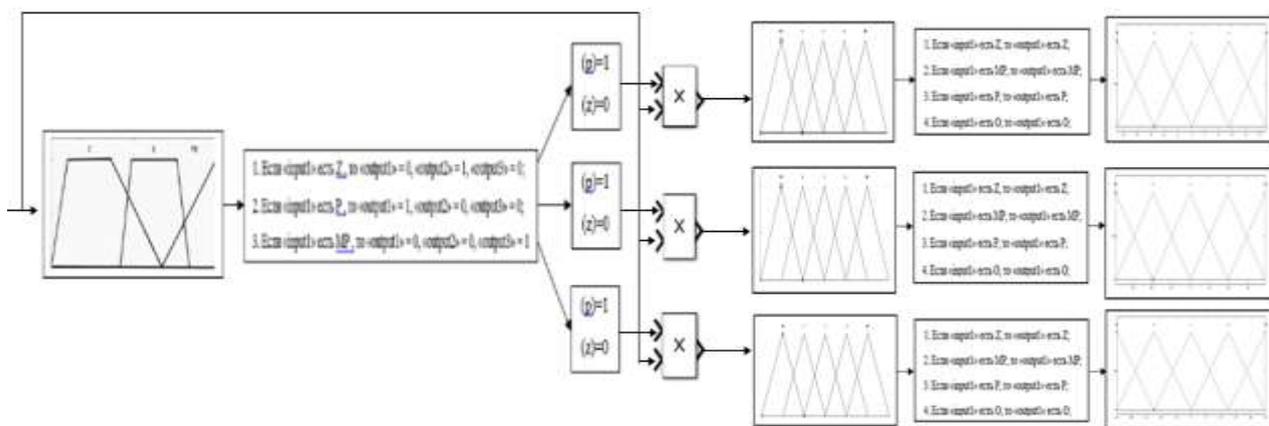


Рисунок 4 – Многокаскадный нечеткий логический регулятор с алгоритмом вывода Сугено-Мамдани

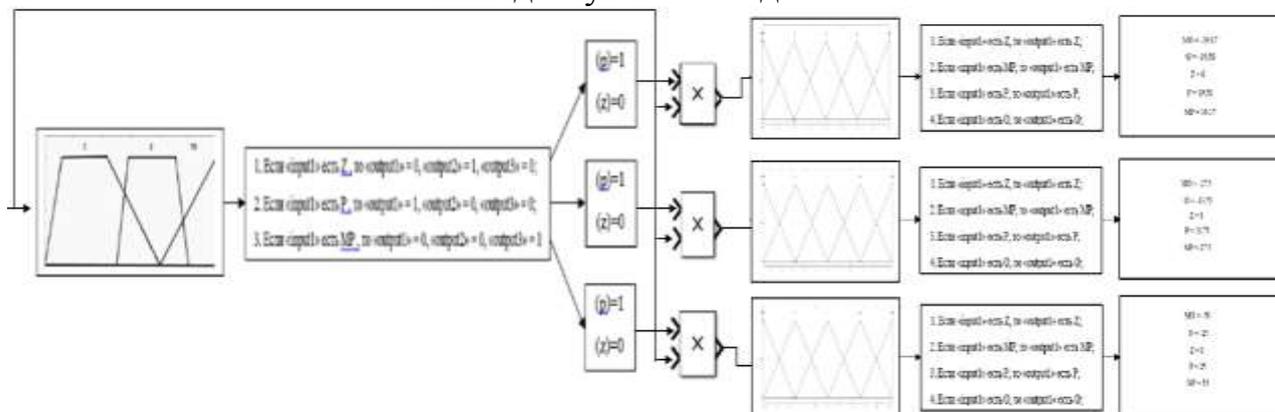


Рисунок 5 – Многокаскадный нечеткий логический регулятор с алгоритмом вывода Сугено-Сугено

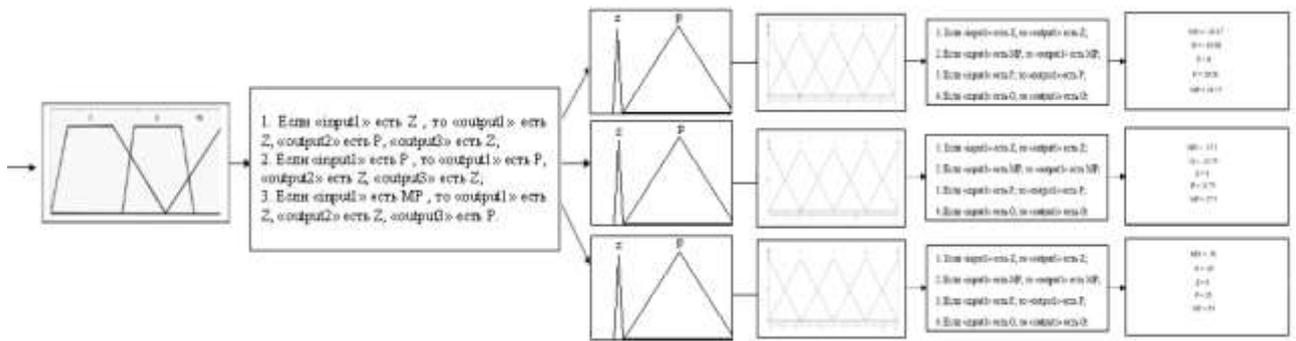


Рисунок 6 – Многокаскадный нечеткий логический регулятор с алгоритмом вывода Мамдани-Сугено

В четвертой главе произведен сравнительный анализ моделей интеллектуальных систем управления с различным сочетанием алгоритмов вывода. Качество реализуемых процедур управления при помощи представленной технологии многокаскадного нечеткого управления определим по реакции системы на различные виды возмущающих воздействий. В данном случае возмущающими воздействиями являются внешние факторы обусловленные как изменением момента, так и величины задающего сигнала (рисунок 7-9).

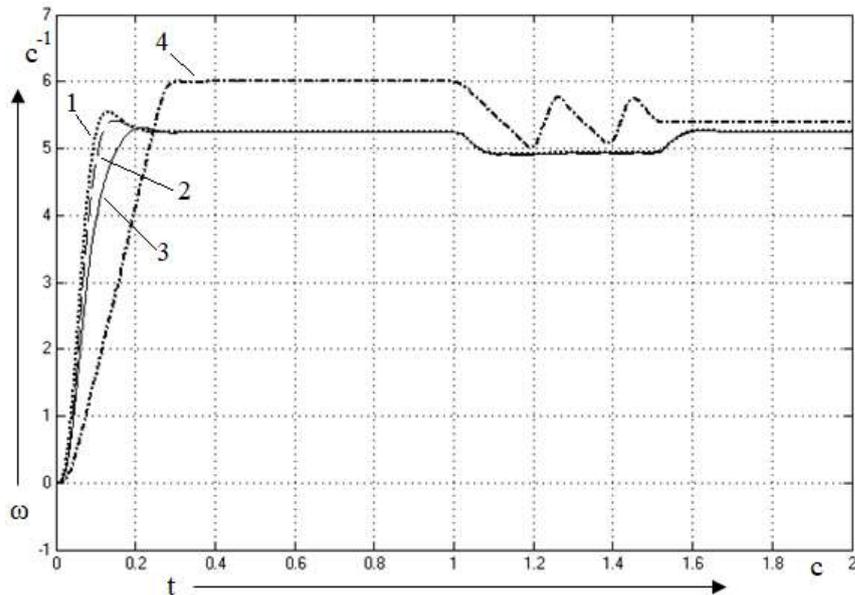


Рисунок 7 – Переходные процессы систем с классическим и нечеткими регуляторами с управляющим сигналом -30% от исходного (1 – система с классическим регулятором, 2 – система Сугено-Мамдани, 3 – Сугено-Сугено, 4 – Мамдани-Сугено)

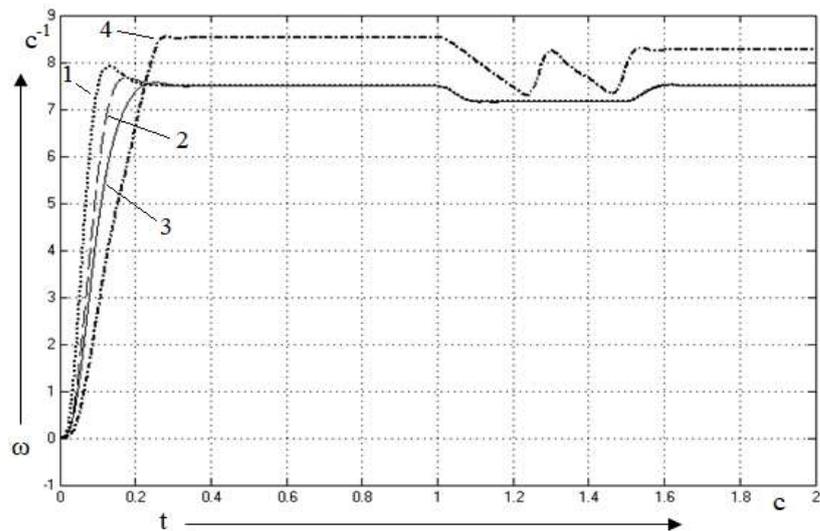


Рисунок 8 – Переходные процессы систем с классическим и нечеткими регуляторами с исходным управляющим сигналом (1 – система с классическим регулятором, 2 – система Сугено-Мамдани, 3 – Сугено-Сугено, 4 – Мамдани-Сугено)

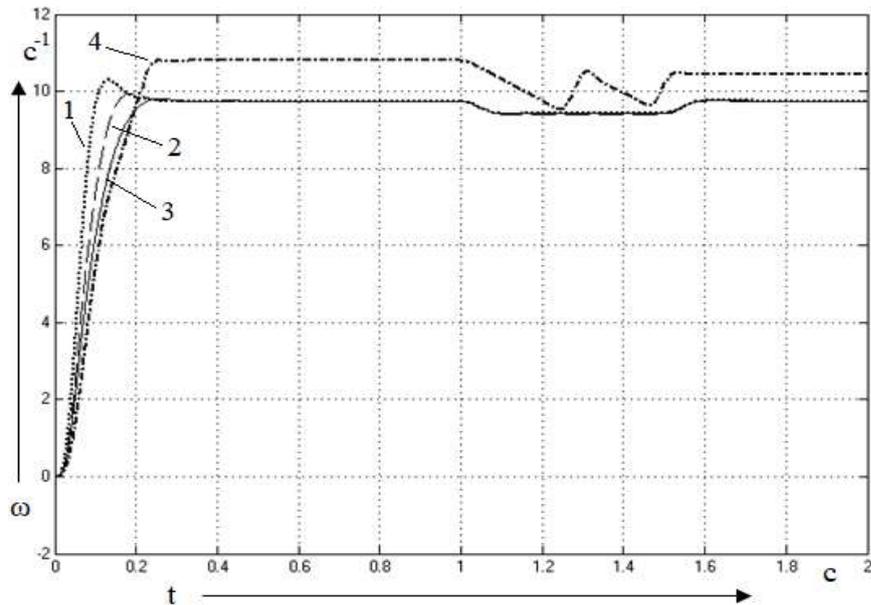


Рисунок 9 – Переходные процессы систем с классическим и нечеткими регуляторами с управляющим сигналом +30% от исходного (1 – система с классическим регулятором, 2 – система Сугено-Мамдани, 3 – Сугено-Сугено, 4 – Мамдани-Сугено)

Исходя из характеристик на представленных рисунках видно, что системы имеют незначительное перерегулирование. Система с интеллектуальным модулем Сугено-Сугено обладает более высоким быстродействием, все системы компенсируют возмущающее воздействие. Интеллектуальная система с сочетанием Мамдани-Сугено обладает рядом недостатков связанных с алгоритмической сложностью настройки данного регулятора, это определяется наличием регулятора Мамдани во внешнем каскаде. Далее рассмотрим реакцию систем имеющих во внешнем каскаде

регулятор Сугено на изменение величины задающего воздействия, таким образом, симитируем поведение следящей системы электропривода проводились исследования представленных следящих систем с использованием различных форм сигналов задания. На рисунках 10,11 представлены реакции систем на синусоидальное задающее воздействие с амплитудой равной диапазону задающих значений [5.6;10.4].

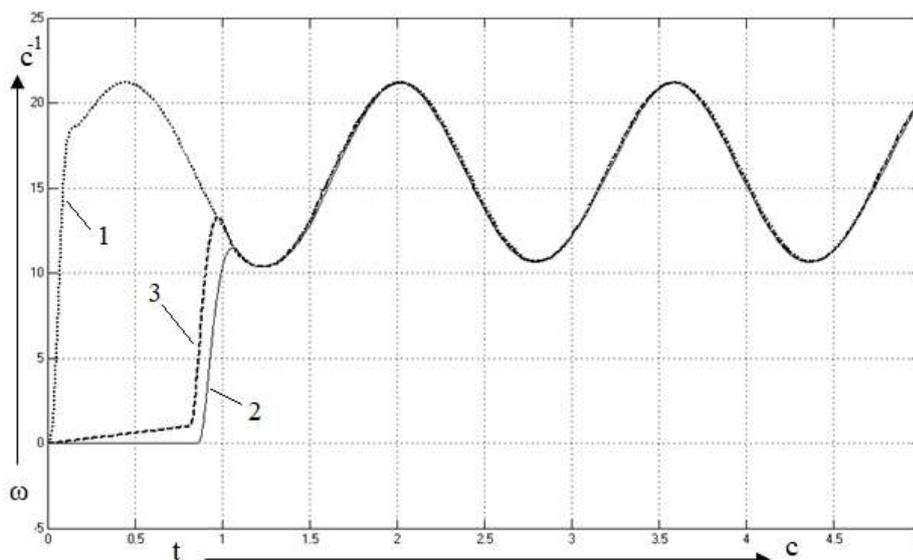


Рисунок 10 – Реакции систем на синусоидальное воздействие (1 – система с классическим регулятором, 2 – система Сугено-Мамдани, 3 – система Сугено-Сугено)

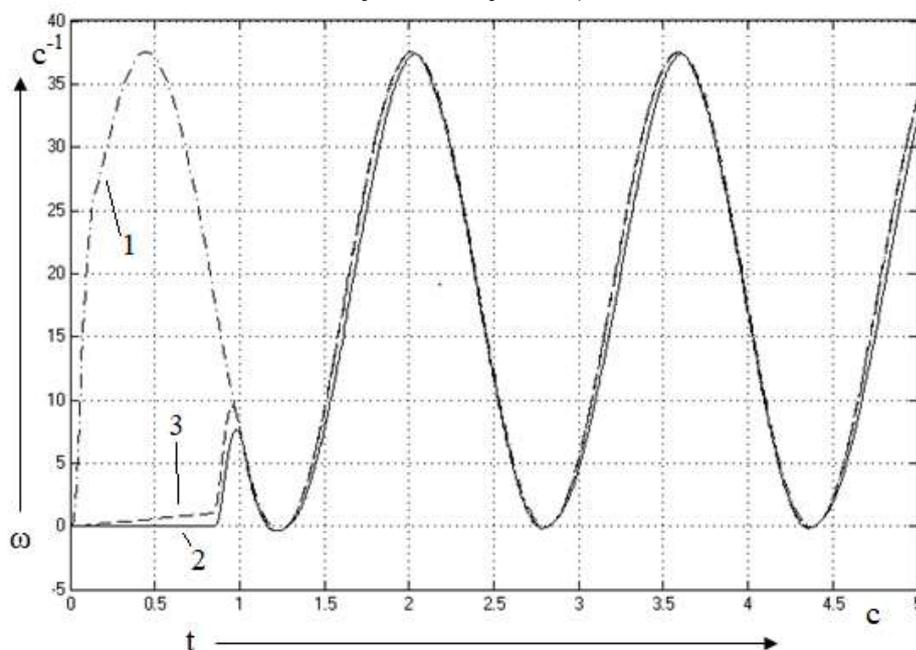


Рисунок 11 – Реакции систем на синусоидальное воздействие (1 – система с классическим регулятором, 2 – система Сугено-Мамдани, 3 – система Сугено-Сугено)

Представленные реакции систем построенных с применением технологий нечеткого многокаскадного управления на различные виды внешних возмущений и сигналов задания показали высокое качество регулирования реализуемое этими системами, многокаскадные нечеткие регуляторы, построенные с алгоритмом Сугено во внешнем каскаде показали более качественные динамические характеристики и простоту в процессе настройки. Структурное решение с алгоритмом Мамдани для внешнего переключающего устройства является алгоритмически более сложным, что сказывается на его быстродействии и качестве реализуемых переходных характеристик. Вместе с тем необходимо отметить, что повышение интеллектуальности систем за счёт применения этого алгоритма вывода позволяет системе обрабатывать внешнее возмущающее воздействие.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Проведен анализ и выявлены недостатки типовых подходов к реализации нечетких систем управления электроприводами постоянного тока, с целью выявления направлений их дальнейшего совершенствования.

2 Реализованы модели нечетких многокаскадных систем управления с различным сочетанием алгоритмов вывода.

3 Проведен анализ интеллектуальных модулей на эффективность реализации законов и процедур управления в следящих системах электроприводов.

4 Определены подходы позволяющие повышать эффективность принятия решений по управлению для предложенных структурных решений.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1 Полей Е.О. Реализация модели нечеткого многокаскадного регулятора с различными сочетаниями алгоритмов вывода/ Е.О. Полей, С.П. Черный – Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КнАГУ» 9-20 апреля 2018 г., с.406-408.

2 Полей Е.О, Черный С.П. 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.

3 Полей Е.О, Черный С.П. 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.