



УДК 681.5.01:658.5

**FEATURES OF IMPLEMENTATION OF FUZZY MULTIPLE SYSTEMS  
FOR CONTROLLING THE ELECTRIC ACTUATOR AC**  
**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МНОГОКАСКАДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ  
УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Buzikaeva A.V. / Бузикаева А.В.

Master / магистр

Cherny S.P. / Черный С.П.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доцент

Komsomolsk-on-Amur State Technical University

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

**Аннотация.** В работе рассматривается подход к реализации моделей нечетких систем управления электроприводом переменного тока, представлена классическая система управления таким электроприводом, выявлены ее достоинства и недостатки, а также предпосылки к использованию интеллектуальных подходов к реализации таких систем. Интеллектуальную систему предлагается моделировать с применением многокаскадного нечеткого логического регулятора с алгоритмом вывода Сугено. Проанализирована возможность применения такой технологии для реализации систем управления целым классом систем электроприводов с учетом всех особенностей и взаимосвязей между координатами.

**Ключевые слова:** многокаскадный нечеткий логический регулятор, электропривод переменного тока.

Зачастую реализация интеллектуальных систем управления с нечеткой логикой производится в тех случаях когда, классические подходы малоэффективны, иногда и совсем неприменимы ввиду отсутствия математического описания или точных знаний о функционировании объекта регулирования [1]. Широко представлены модели систем управления с использованием интеллектуальных принципов для таких объектов, система дифференциальных уравнений которых описывает электропривод постоянного тока. Как правило для таких систем характерна реализация нечетких ПИ- или ПИД-регуляторов с возможным присутствием ряда дополнительных информационных каналов в зависимости от выбранного критерия. В целом реализация систем управления, содержащих элементы нечеткой логики, позволяет сформировать различные сложные законы регулирования, при этом существенно увеличивая алгоритмическую сложность основных блоков самого нечеткого регулятора. Ограничивающими факторами при этом будут как количество лингвистических переменных на входах и выходах, объем базы знаний, так и сложность при выборе алгоритма вывода и формы функций принадлежности. Однако даже с учетом различных ограничений и допущений нечеткие алгоритмы реализующие технологии управления электроприводом постоянного тока достаточно хорошо известны.

Реализация интеллектуальной системы управления с применением мягких вычислений для такого объекта как электропривода переменного тока сопровождается целым рядом дополнительных и весьма существенных проблем. Среди которых можно отметить существенное количество контуров



регулирования, в том числе взаимосвязанных, а также существенный прядок объекта регулирования при его математическом описании.

Традиционная технология нечеткого управления [4], применяемая в системах регулирования электроприводами постоянного тока, подразумевает последовательную замену классических регуляторов. В случае, когда объектом управления является электропривод переменного тока, взаимосвязанность контуров и отсутствие интеграции между отдельными частями интеллектуальной системы существенно снижают ее эффективность и универсальность. Подход, реализующий многокаскадную нечеткую технологию управления, позволяет не только повысить интеллектуальность и универсальность системы, но и сформировать многоуровневую структуру, учитывающую взаимное влияние контуров модели [2, 3].

В качестве объекта регулирования будет использована математическая модель электропривода переменного тока с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Структурная схема электропривода приведена на рисунке 1. Регуляторы, представленные в системе управления электроприводом, реализуют классический ПИ-закон регулирования.

Математическая модель системы управления, представленная структурной схемой рисунка 1, характеризуется, как высоким порядком, так и сложной функциональной зависимостью координат. Поэтому реализация нечёткого регулятора с использованием традиционного подхода будет сопровождаться рядом проблем при настройке базы правил, выборе количества и вида функций принадлежности, а также числа информационных входов.

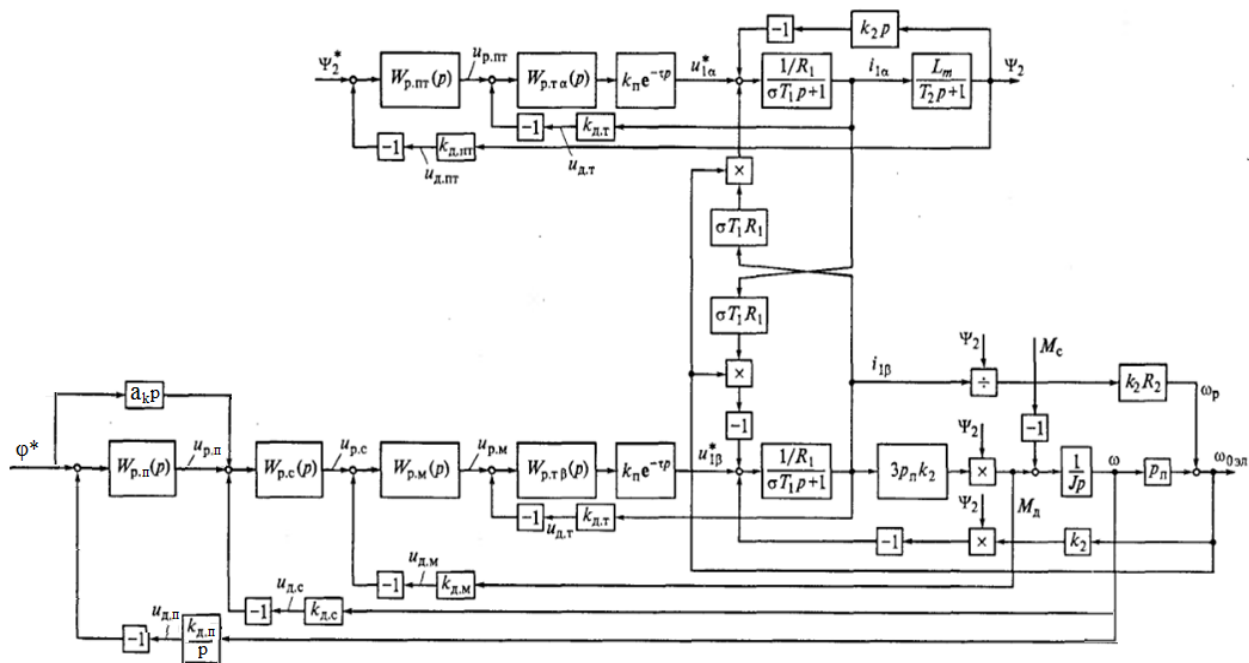


Рис. 1 - Структурная схема системы электропривода

Многокаскадный нечеткий регулятор с сочетанием алгоритмов вывода Сугено-Сугено представлен на структурной схеме рисунок 2.

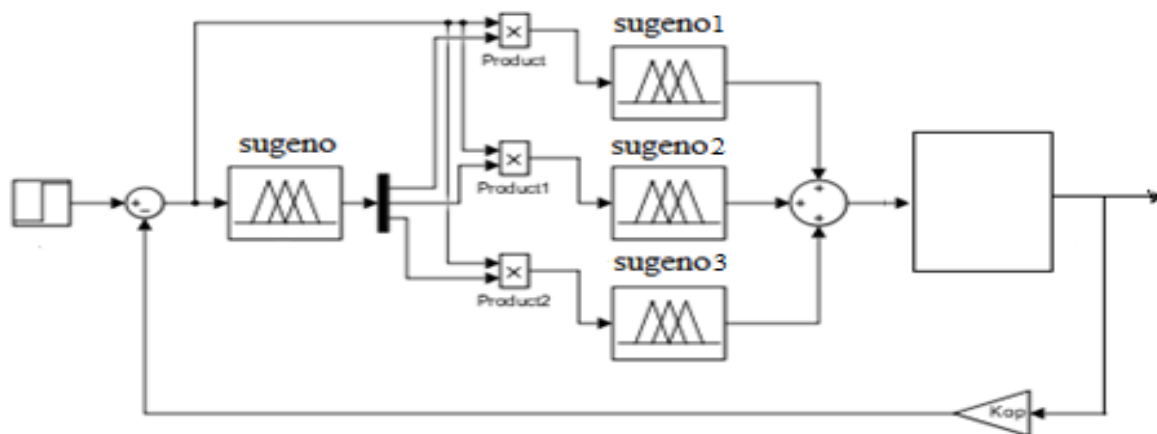


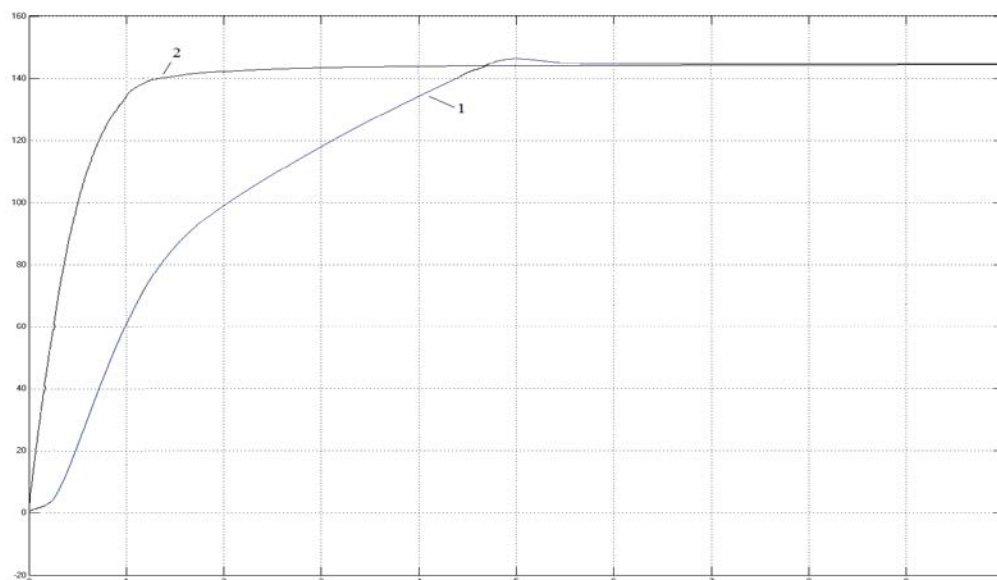
Рис. 2 - Структурная схема системы с алгоритмом вывода Сугено

Первый каскад в таком интеллектуальном модуле можно рассматривать как систему, которая на основе имеющихся данных производит управление регуляторами, которые находятся во втором каскаде, и представляет собой внешний интеллектуальный переключатель, как часть пропорционально-интегрально-дифференцирующего регулятора — устройства в управляющем контуре с обратной связью. Такая структура используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса [5].

Моделирование второго каскада с алгоритмом нечеткого логического вывода Сугено проводилось следующим образом. Лингвистические переменные, формализующие понятия входных и выходных величин, реализованы с использованием пяти аппроксимированных функций принадлежности треугольного вида и различаются между собой лишь диапазонами распределения этих величин в блоке фаззификации. Аналогичным образом производилось формирование вложенного каскада для интеллектуальной системы управления с сочетанием нечетких логических выводов Сугено-Сугено. Отличия связаны с реализацией блока дефаззификации и обусловлены особенностями упрощенного алгоритма вывода. Распределение констант в блоке дефаззификации представляет собой базовое терм-множество –  $T$  нечетких переменных и состоит из следующих элементов:  $T = \{MO, O, Z, P, MP\}$ , где  $MO$  – большое отрицательное значение;  $O$  – малое отрицательное значение;  $Z$  – нулевое значение;  $P$  – малое положительное значение;  $MP$  – большое положительное значение.

Результаты моделирования, приведенные на рисунке 3, наглядно показывают правомерность применения нечетких логических регуляторов. Полученная система обладает лучшим быстродействием и не худшими показателями, чем классическая система управления электроприводом переменного тока. Применение методов мягких вычислений позволило получить качественный переходный процесс без использования громоздких вычислительных процедур, характерных для классического метода управления.

В процессе моделирования был произведен синтез нечеткого многокаскадного регулятора для электропривода переменного тока. Нечеткая



**Рис. 3 - Переходный процесс системы с классическим и нечетким регулятором (1 – система с классическим регулятором, 2 – система с нечетким регулятором)**

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.

Приведенный в статье подход введения в систему управления нечеткого многокаскадного регулятора позволяет повысить функциональность системы и сохраняет основные показатели по качеству переходного процесса. Несмотря на сложную функциональную зависимость координат, применение технологии многокаскадных нечетких систем алгоритмически не усложняет функционирование системы. Система управления с применением мягких вычислений показывает лучшие результаты, по сравнению с результатами, полученными при общепринятых алгоритмах управления.

#### Литература

1. Соловьев В.А., Черный С.П. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В.А. Соловьев, С.П. Черный; - Владивосток: «Дальнаука», 2010. – 280 с.
2. Черный, С.П. Нечеткая многокаскадная система управления электроприводом постоянного тока / С.П. Черный, Д.А. Новак – Электротехнические комплексы и системы управления, Воронеж: Издательский дом «Кварта», 2012, №4 (28), С. 56-60
3. Черный, С.П. Моделирование следящей системы управления с применением многокаскадного нечеткого регулятора / С.П. Черный, И.Е. Бичаев – Электротехнические комплексы и системы управления, Воронеж: Издательский дом «Кварта», 2014, №1 (33), С. 47-54
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином, 2009.



5. Cherny S.P. Another approach to enhancement of intellectual capabilities of the fuzzycontroller / S.P. Cherny, V.A. Soloviev. - 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).

**References:**

1. Soloviev VA, Cherny S.P. (2010). Artificial intelligence in management tasks. Intellectual systems of technological processes management / V.A. Soloviev, S.P. The black; - Vladivostok: "Dalnauka", 280 P.
2. Cherny, S.P. (2012). Fuzzy multistage control system for the electric drive of a direct current / S.P. Cherny, D.A. Novak - Electrotechnical complexes and control systems, Voronezh: Publishing House "Quarta", №4 (28), pp. 56-60.
3. Cherny, S.P. (2014). / Simulation of a servo control system using a multi-stage fuzzy controller / S.P. Cherny, I.E. Bichaev - Electrotechnical complexes and control systems, Voronezh: Publishing House "Quarta", №1 (33), pp. 47-54.
4. Pegat, A. Fuzzy modeling and control. M.: Beacom, 2009.
5. Cherny, S.P. (2017). Another approach to enhancement of fuzzy controller intellectual capabilities / S.P. Cherny, V.A. Solovyev. - 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). IEEE Xplore Conference Publications, pp. 14. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076154

**Abstract.** *The paper discusses the approach to the implementation of models of fuzzy control systems for AC electric drive, presents a classic control system for such an electric drive, identifies its advantages and disadvantages, as well as prerequisites for the use of intelligent approaches to the implementation of such systems. The intelligent system is proposed to be simulated using a multi-stage fuzzy logic controller with the Sugeno output algorithm. Analyzed the possibility of using this technology for the implementation of control systems of a whole class of electric drive systems, taking into account all the features and relationships between coordinates.*

**Keywords:** *multi-stage fuzzy logic controller, AC drive.*

Статья отправлена: 12.10.2018 г.  
© Бузикаева А.В., Черный С.П.