

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

*Анъанавий ва динамик электромеханик ноаниқ тизимни бошқаришни қиёсий таҳлили амалга оширилган, баҳолаш сифатининг қуйидаги кўрсаткичлари созлаш ва қайта созлаш вақти ҳамда юклама ва берилган сигналнинг турли қийматларини тебраниш сони бўйича олиб борилган. Электромеханик объектларни иш тартибини бошқариш учун тезликни бошқаришни ноаниқ созловчисини тадбиқиға асосланган. Ноқатъий мантиқ тамойили асосида қурилган бошқариш системаси ўткинчи жараёнини сифатини оширишни исботлаш. Моделлаштиришда имитацион модел MATLAB SIMULINK дастурий муҳити ёрдамида амалга оширилган.*

**Таянч сўзлар:** *стабиллаш, моделлаштириш, ноаниқ бошқариш тизими, ноаниқ ростлагич, айланиш тезлиги, сифат кўрсаткичи, икки контурли система, электр юритма.*

*Осуществлен сравнительный анализ классической и нечеткой системы управления динамических электромеханических объектов. Оценка осуществлялась по показателю качество таких как время регулирования, перерегулирования и число колебаний, при различных значениях сигнала заданий и нагрузки. Обосновано применение нечеткого регулятора скорости для управления режимом работы электромеханических объектов. Доказано, что система управления, построенная по принципу нечеткой логики приводит к существенному повышению качества проходного процесса системы. Имитационное моделирование проводилось с помощью среды моделирования MATLAB SIMULINK.*

**Ключевые слова:** *стабилизация, моделирование, нечеткая система управления, нечеткая регулятор, скорость вращения, показатели качества, двухконтурная система, электропривод.*

*The comparative analysis of a classical and indistinct control system dynamic electromechanical objects an estimation is carried out was carried out on a parameter quality such as time of regulation, overcorrection and number of fluctuations, at various values of a signal of tasks and loadings. Application of an indistinct regulator of speed for management of an operating mode of electromechanical objects is proved. It is proved that the control system is built on the principle of fuzzy logic leads to continuous improvement of the system. Imitating modelling was spent with the help of program MATLAB SIMULINK.*

**Keywords:** *stabilization, modeling, fuzzy system control, fuzzy controller, speed, quality, dual circuit system, power.*

Перспективным путем повышения качества функционирования автоматизированных электромеханических систем является использование новых современных принципов автоматического управления, основанные на адаптивных алгоритмов.

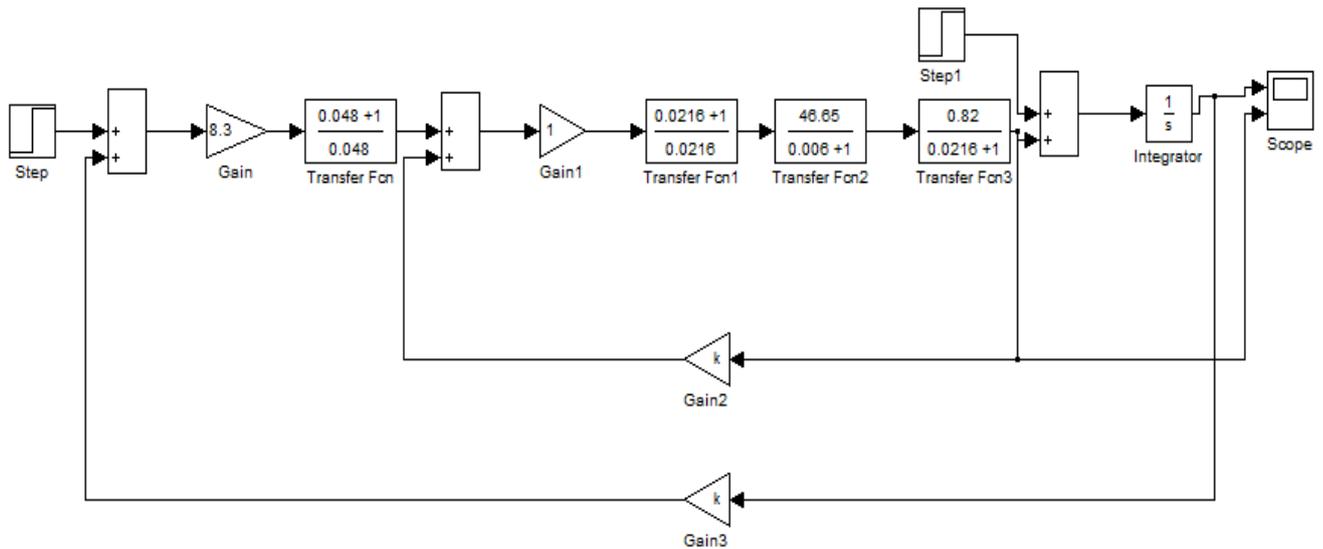
Наибольшее распространение среди интеллектуальных технологий формирования адаптивных алгоритмов регулирования и управления в области электропривода (ЭП) получила технология нечеткого управления (Fuzzy-control) [1, 2].

В работе произведен сравнительный анализ основных показателей качества переходного процесса для классической и нечеткой системы управления с целью выявления преимуществ и недостатков последней. Построены две модели систем управления: классическая двухконтурная система стабилизации скорости двигателя постоянного тока – управляемый выпрямитель (ДПТ-УВ) с ПИ-регулятором и система стабилизации ДПТ-УВ на основе нечеткого регулятора скорости. Моделирование систем стабилизации и дальнейший анализ переходных процессов осуществлялся с помощью среды моделирования Matlab Simulink. Для этой цели берем двухконтурной системы стабилизации скорости электропривода функциональная схема которой приведена на рис.1.

Имеющиеся в составе построенной модели стандартные блоки системы Matlab - генераторы ступенчатого сигнала Step, которые в данном случае выполняют роль задающего сигнала и нагрузки, позволяют изменять свои величины в заданный момент времени. Благодаря этому, исследуемая модель будет запущена в работу со следующими условиями:

1. Система запускается с сигналом задания  $U_{\text{зад}}=10$  и под нагрузкой  $I_{\text{ввых}} = 50$

2. В момент времени  $t = 7,5$  с сигнал задания уменьшается вдвое.
3. В момент времени  $t = 15$  с момент нагрузки возрастает.

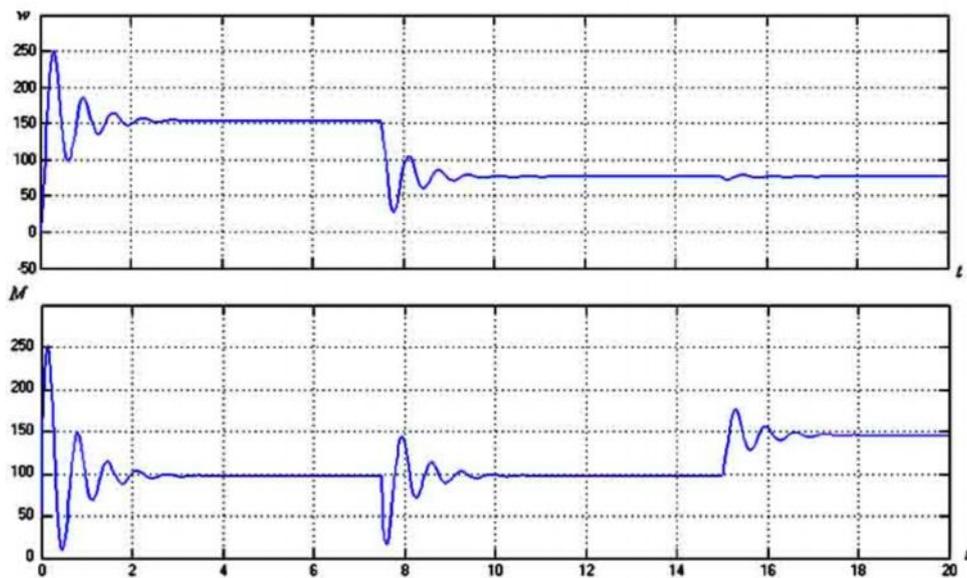


*Рис.1. Функциональная схема двухконтурной системы стабилизации в среде моделирования Matlab Simulink.*

При правильной настройке всех параметров системы, ее реакция по скорости на отмеченные выше скачки сигнала задания и нагрузки будет выглядеть следующим образом (рис. 2):

Далее была построена модель системы стабилизации скорости ДПТ-УВ на основе нечеткого регулятора. Основные принципы моделирования нечеткого регулятора скорости, при помощи пакета расширения FuzzyLogicToolbox, для системы ДПТ-УВ описаны в статье [3].

Модель системы стабилизации скорости ДПТ-УВ с нечетким регулятором, построенная с помощью среды моделирования Matlab Simulink, представлена на рис. 3:



*Рис.2. График переходных процессов классической системы стабилизации скорости.*

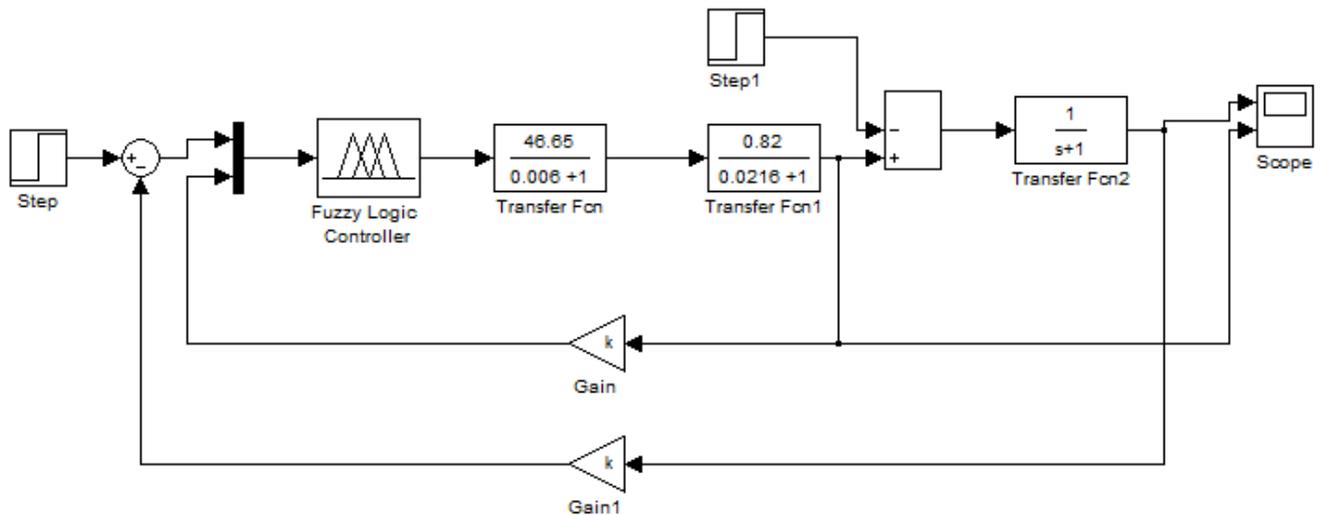


Рис.3. Модель системы стабилизации скорости ДПТ с нечетким регулятором.

Переходные процессы, полученные с помощью данной модели, приведены на рисунке (рис. 4.):

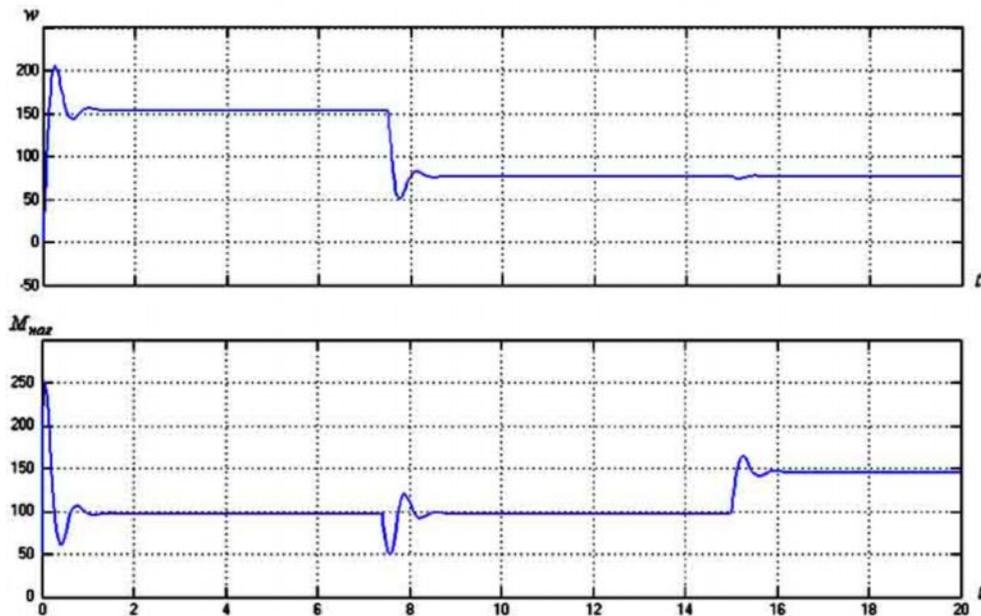


Рис.4. Графики переходных процессов для модели системы стабилизации с нечетким регулятором скорости.

Далее проводился сравнительный анализ основных показателей качества переходных процессов по полученным графикам для построенных моделей.

Оценка качества переходных процессов проведена по следующим основным показателям: время регулирования ( $t_{рег}$ ); перерегулирование ( $\sigma$ ); частота колебаний; число колебаний ( $n$ ), время достижения первого максимума ( $t_{max1}$ ); время нарастания переходного процесса ( $t_n$ ); декремент затухания ( $X$ )

Переходные процессы по скорости были рассмотрены для 3-х режимов:

- 1) переходной процесс при пуске под нагрузкой ( $t = 0$  с);
- 2) переходной процесс в момент времени  $t = 7.5$  с, когда сигнал задания уменьшается вдвое;
- 3) переходной процесс в момент времени  $t = 15$  с, когда нагрузка возрастает.

Цифровой анализ качества переходных процессов для исследуемых моделей, приведен в табл.1:

Таблица 1

**Сравнительный анализ графиков переходных процессов исследуемых моделей**

Осн. показ. качества п.п.	Режим 1		Режим 2		Режим 3	
	Класс. модель	Нечеткая модель	Класс. модель	Нечеткая модель	Класс. модель	Нечеткая модель
$t_{рег}, с$	4	1,5	3	1,2	3	2
$\sigma, \%$	62,3	40	36,4	10,4	2,6	1,03
$\omega$	9,37	7,85	7,85	7,39	8,97	8,97
n	5,0	2	4	2	5	3
$t_{max1}, с$	0,25	0,27	0,7	0,6	0,5	0,5
$t_n, с$	0,18	0,13	0,3	0,5	0,3	0,35
$\chi$	3,23	19,3	3,5	4	2,5	8

По данным, приведенным в таблице, можно сделать следующие выводы:

1. Для первого режима, при пуске под нагрузкой - модель системы стабилизации скорости с нечетким регулятором обеспечивает время переходного процесса по скорости меньше, чем классическая модель (62%). Так же переходной процесс по скорости для модели с нечетким регулятором отличается меньшими значениями величины перерегулирования (35%), частоты (16.2%), числа колебаний (60%) и большей величиной декремента затухания (83.3%).

2. Для второго режима, при скачке сигнала задания - модель системы с нечетким регулятором обеспечивает на 30-35% меньшие провалы по скорости, чем модель классической системы. При этом уменьшается временем регулирования (практически в два раза) и число колебаний за время регулирования (50%).

3. Для третьего режима, при скачкообразном изменении нагрузки модель системы стабилизации с нечетким регулятором обеспечивает меньшие провалы по скорости (45-50%), чем классическая модель, а также характеризуется меньшим значением временем регулирования (33 %) и числа колебаний (40%).

На основании полученных в ходе исследования результатов, можно сделать вывод, что замена классического регулятора скорости, на регулятор идентичной структуры, но построенный по принципам нечеткой логики приводит к существенному повышению качества переходного процесса системы.

#### Список литературы:

1. Макаров И.М., В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления/ Отделение информ. Технологий и вычислит. систем РАН. – М.: Наука, 2006. – 333с.
2. Зайцев А.И. Применение нечетких систем управления в электроприводах./А.И. Зайцев, Г.Л. Муравьев, В.Л. Сташнёв. – [www.electro.nizniy.ru/papers/4/00407.html](http://www.electro.nizniy.ru/papers/4/00407.html).
3. Кабылбекова В.В, Кулахметов Р.Ф, Надеев А.И. Нечеткие системы управления тиристорными электроприводами // Датчики и системы, 2009. -№5. С. 37-39.

*Искандаров Захид Эргашбаевич – старший преподаватель, старший преподаватель кафедры «Автоматизация производственных процессов» Ташкентского государственного технического университета,  
Тел.: (+99871)246-03-45 (р). E-mail: [zohid\\_1981@mail.ru](mailto:zohid_1981@mail.ru);*

*Алимова Гулчехра Рахимжановна – старший преподаватель, старший преподаватель кафедры «Автоматизация и управление технологических процессов и производств» Ташкентского текстильного и легко промышленного института, Тел.: (+99871)253-32-00(р). E-mail: [dxushnazarova@mail.ru](mailto:dxushnazarova@mail.ru);*

*Хушназарова Дилноза Рахмановна – ассистент, ассистент кафедры «Автоматизация и управление технологических процессов и производств» Ташкентского текстильного и легко промышленного института, Тел.: (+99871)253-32-00(р). E-mail: [dxushnazarova@mail.ru](mailto:dxushnazarova@mail.ru).*

**ИСКАНДАРОВ З.Э.(ТДТУ), АЛИМОВА Г.Р., Д.Р. ХУШНАЗАРОВА (ТТЕСИ)**

**ЭЛЕКТРИОРИТМАНИНГ НОАНИҚ БОШҚАРИШ ТИЗИМИНИ СИФАТИНИ  
ТАҲЛИЛИ ВА МОДЕЛЛАШТИРИШ**

**ИСКАНДАРОВ З.Э.(ТГТУ), АЛИМОВА Г.Р., Д.Р. ХУШНАЗАРОВА (ТИТЛП)**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**

***ISKANDAROV Z.E.(TSTU), ALIMOVA G.R., XUSHNAZAROVA D.R.(TTII)***

**MODELLING AND THE ANALYSIS QUALITY INDISTINCT CONTROL SYSTEMS TO  
ELECTRIC DRIVES**