

УДК 677.73:621.671

АЛГОРИТМ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ САУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА

Диёров Р.Х.- к.т.н., и.о. доцент, Донаев Ф.К.- докторант PhD,
ТТУ им.ак. М.С. Осими

Ключевые слова: система автоматического управления, электропривод, насосная станция, преобразователь частоты, регулятор, регулятор с нечеткой логикой.

В современном мире большое внимание уделяется энергоэффективности современных электроприводов. В связи с этим, при решении современных задач автоматизации, предпочтение отдается передовым, технологичным и высокоинтеллектуальным системам. Данные системы способны не только поддерживать технологический процесс в нормальном состоянии, но и реагировать на экстремальные ситуации, предотвращая тем самым аварии и отклонения регулируемых параметров от нормы.

Вода является источником жизни. Для рационального и эффективного использования воды необходимо использовать современные электроприводы в системах водоснабжения. Актуальной задачей в современных электроприводах водоснабжения является разработка систем автоматического управления, такого важного технологического (жилищного коммунального) объекта, как насосная станция.

В данной статье рассмотрен один из способов оптимизации процесса стабилизации напора воды у потребителей, с применением нечеткого регулятора (НР), как главного звена системы управления технологическим процессом. Целью данной статьи является внедрение высокоинтеллектуального регулятора на основе нечеткой логики в систему автоматического управления (САУ) насосной станции и разработка алгоритма его настройки [1-4].

Описание структурной схемы САУ насосной станции. На рисунке 1 представлена структурная схема замкнутой САУ насосной станции, регулируемой по давлению, состоящая из регулятора, преобразователя частоты (ПЧ), асинхронного двигателя (АД), насоса и обратной связи по давлению.

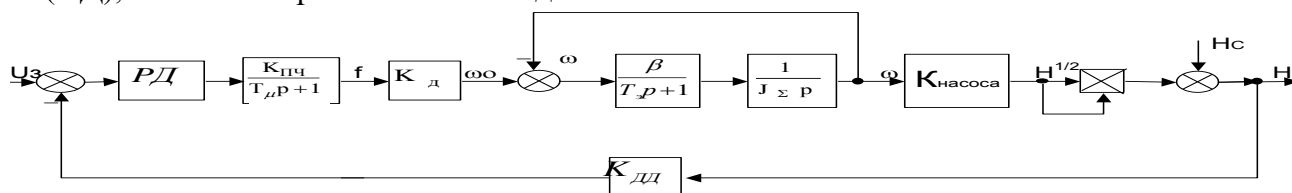
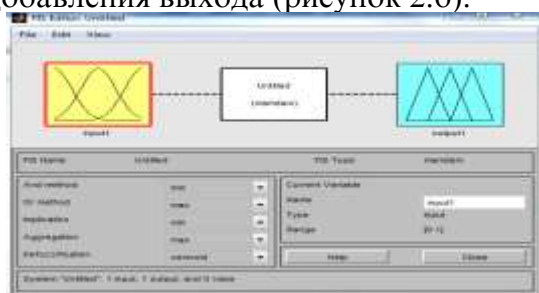


Рисунок 1. -Структурная схема САУ насосной станции.

Методика настройки нечеткого регулятора. Для построения ПИ-регулятора на основе нечеткой логики воспользуемся приложением в MatLab – Fuzzy Logic. В данном приложении, с помощью графического интерфейса, создадим нечёткую систему, реализующую ПИ-регулятора.

С помощью пакета "Fuzzy Logic Toolbox" можно строить нечеткие системы двух типов - Мамдани и Сугэно. Рассмотрим систему типа Мамдани. Командой fuzzy в окне MATLAB вызываем окно Редактора fuzzy-инференционной системы (Fuzzy Inference System Editor) (рисунок 2.а). Для того, чтобы увеличить количество входов и выходов, входим в меню Edit (рисунок 2.б), дальше переходим раздел Add Variable и выбираем Input для добавления входа, ещё раз входим в этот раздел и выбираем Output, для добавления выхода (рисунок 2.б).



а)



б)

Рисунок 2 -Окно редактирования нечеткой логики: а) после команды fuzzy в окне Matlab, б) добавление входа и выхода регулятора

Выбираем тип системы - Мамдани, задаём два входа - для пропорциональной и интегральной составляющих, и называем входные переменные ε -ошибка, $\Delta\varepsilon$ -изменение ошибки во времени, а задаём один выход U_y - выходное управляющее напряжение (рисунок 3) Из данного окна вызываем окно редактора функций принадлежности (Membership Function Plots) двойным щелчком мыши по изображению входов ε , $\Delta\varepsilon$ и выходов U_y (рисунок 4). Для описания переменных ε , $\Delta\varepsilon$ выбираем два треугольника (O, P) (рисунок 4.б), для описания выходной переменной U_y выбираем три треугольника (O, N, P) (рисунок 4.в). После расчета, в этом же окне зададим диапазоны изменения переменных:

$O - [-92,25, 92,25]$;

$P - [-92,25, 92,25]$;

$U_y - [-92,25, 92,25]$;

Функции принадлежности располагаются таким образом, чтобы они перекрывали друг друга. Чем больше перекрытие, тем выше степень принадлежности смежных функций принадлежности, и тем в большей мере элементы универсального множества соответствуют свойствам нечеткого множества [4-7].

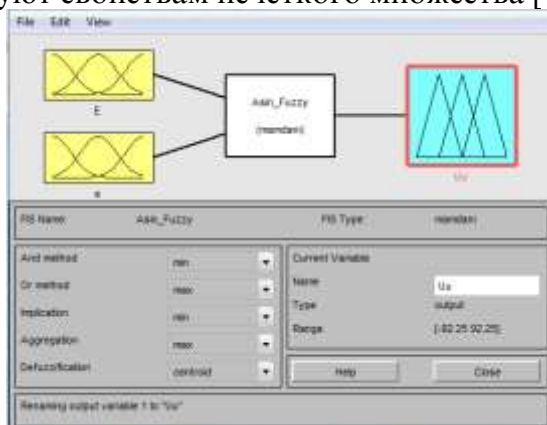
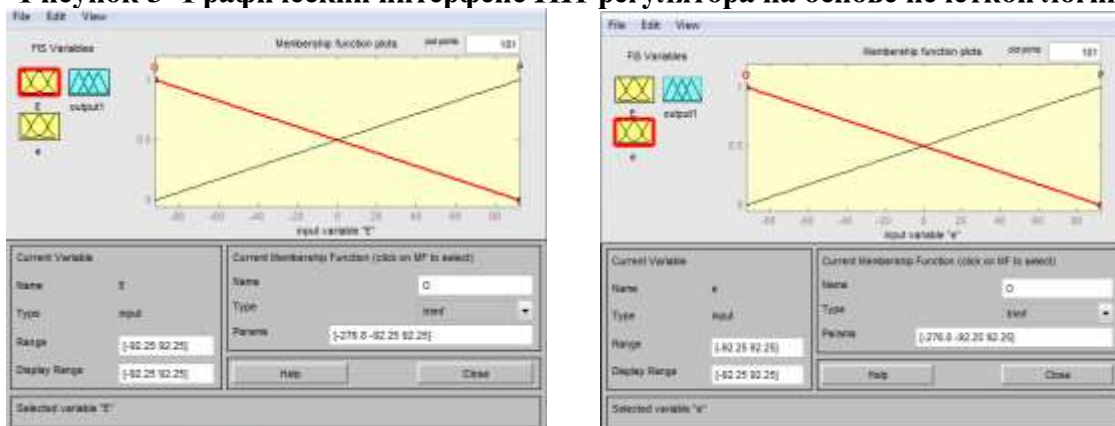
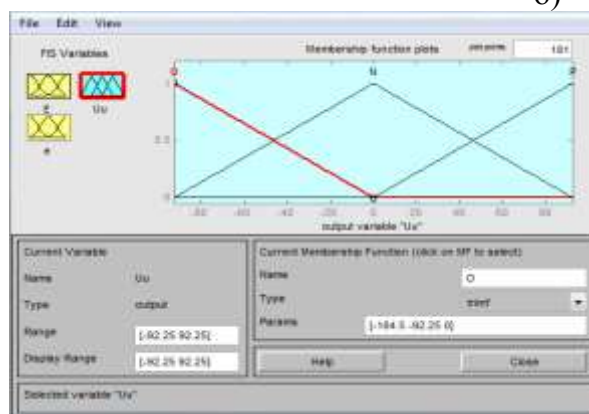


Рисунок 3 -Графический интерфейс ПИ-регулятора на основе нечеткой логики



а)

б)



в)

Рисунок 4 -Окно редактора функции принадлежности для каждого входа и выхода: а) ε - ошибка, б) $\Delta\varepsilon$ - изменение ошибки, в) U_y -выходное управляющее напряжение

Для создания базы правил нечеткого регулятора, двойным щелчком мыши по надписи Mamdani, что показывает на рисунке 5.

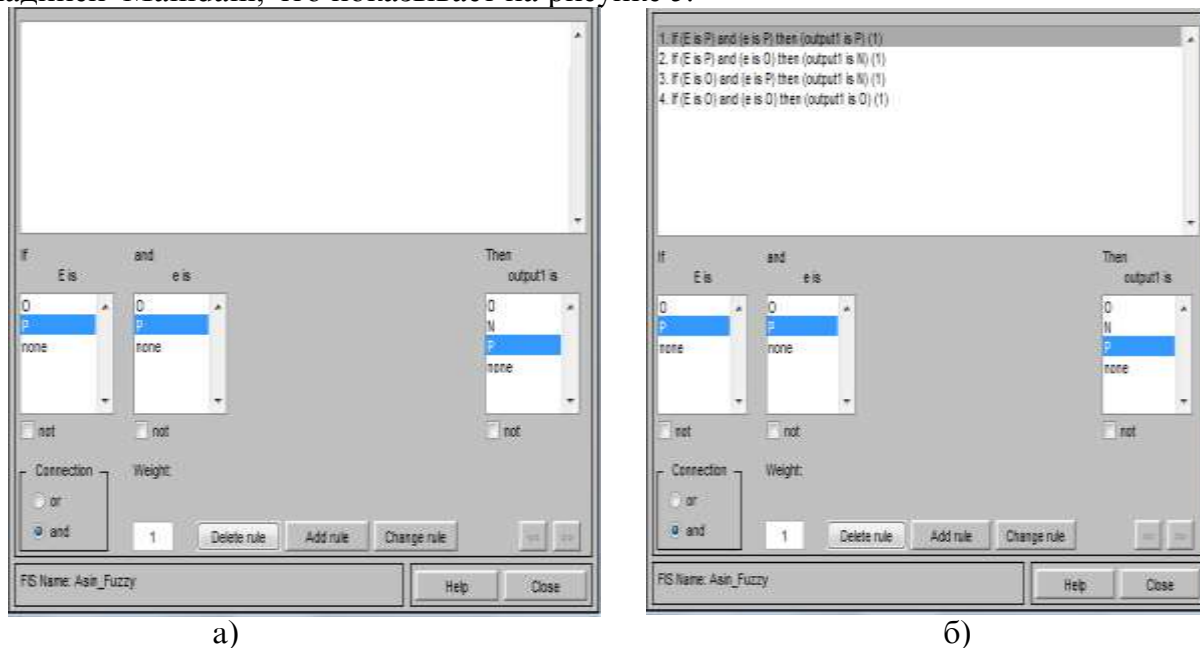


Рисунок 5-а) окно редактора правил нечеткого вывода б) редактирование правил нечеткого вывода для ПИ - регулятора

Создаем алгоритм правил нечеткого вывода для ПИ – регулятора рисунок 5.б.

Правило 1: Если «положительная ошибка P» и «положительная изменения ошибка P» ТО «положительное управляющее воздействие P», If (E is P) and (e is P) then (Uu is P);

Правило 2: Если «положительная ошибка» и «отрицательная изменения ошибки» ТО «нулевое управляющее воздействие», If (E is P) and (e is O) then (Uu is N);

Правило 3: Если «отрицательная ошибка» и «положительная изменения ошибки» ТО «нулевое управляющее воздействие», If (E is O) and (e is P) then (Uu is N);

Правило 4: Если «отрицательная ошибка» и «отрицательная изменения ошибки» ТО «отрицательное управляющее воздействие», If (E is O) and (e is O) then (Uu is O);

После создания алгоритма правил, нажимаем Close и окно закрывается. Затем входим в меню File, переходим раздел Export выбираем To Workspace, и регулятор готов к работе, если не выбрать данный пункт в этом разделе меню, регулятор не будет работать (рисунок 6).

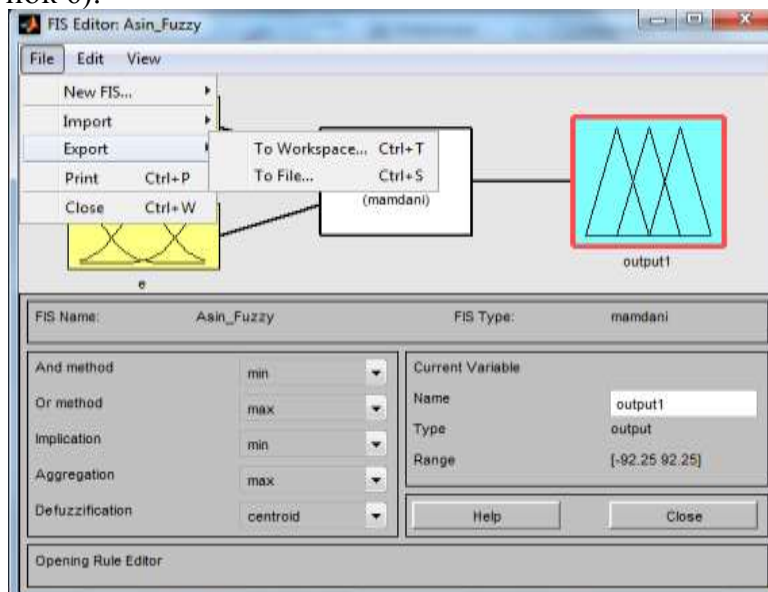


Рисунок 6 -Окно запуска нечеткого регулятора

После настройки всех параметров и запуска регулятора, устанавливаем его в математическую модель САУ насоса. Для проверки на работоспособность разработанного алгоритма, соберем две модели. Первая математическая модель насосной станции построена на регуляторе настроенного по классическому методу

(рисунок 7.а) [2-7]. Вторая математическая модель насосной станции построена на нечетком регуляторе (рисунок 7.б).

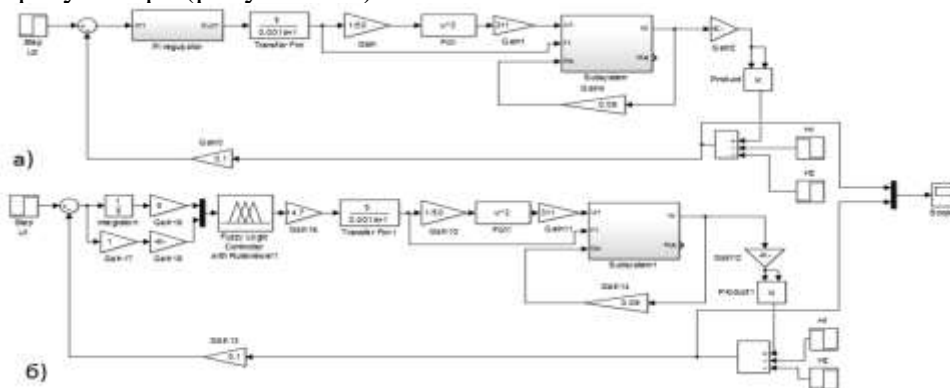


Рисунок 7 - Математическая модель САУ насоса с нечетким (а) и классическим (б) регулятором.

Производим пуск математических моделей и получаем переходные процессы двух систем, приведенных на рисунке 8. Как видно из рисунка 8, системы запускались на нижнем и верхнем диапазоне.

Проанализируем полученные переходные процессы насосной станции. Из переходных процессов видно, что время пуска на верхнем диапазоне:

- с нечетким регулятором составляет 0,5 секунд;
- с классическим регулятором составляет 1 секунду;

Отсюда можно сделать вывод, что у системы с нечетким регулятором на 50% уменьшается время переходного процесса, относительно классического регулятора, увеличивается быстродействие системы. Во время наброса и сброса нагрузки, система с нечетким регулятором быстро восстанавливается в установившийся режим, чем система с классическим регулятором. По результатам переходного процесса на нижнем диапазоне, можно сделать вывод, что система с нечетким регулятором имеет большее быстродействие относительно систем с классическим регулятором.

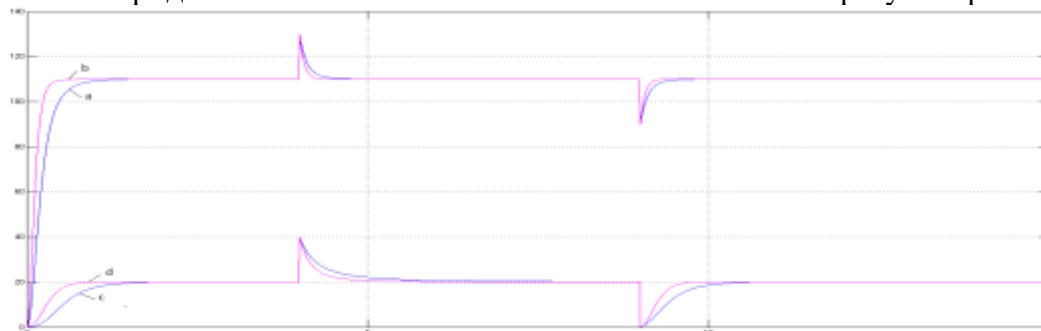


Рисунок 8 -График переходного процесса при настройке нечеткого и классического регулятора на нижнем и верхнем диапазоне (а, с – ПИ-регулятор, b,d - НР)

Заключение. Была разработана методика настройки регулятора на основе нечеткой логики для насосной станции. Предложенный регулятор на основе нечеткой логики увеличивает быстродействие системы, при пуске, набросе и сбросе нагрузки.

Применение нечеткого регулятора позволяет повысить надёжность системы, при различных условиях работы объекта регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В.. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами. Учебное пособие. Санкт-Петербург. 2017г.- С.4-5.
2. Доронкин Д.Ю., Буркатовская. Ю.Б., Алгоритм настройки нечеткого регулятора для системы управления электроприводом пылепитателя ТЭЦ. XX Международная научно-практическая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ». - С.167-168.
3. Андриевская Н.В., Биолус О.А., Семенов С.С. Методика проектирования нечеткого регулятора на базе ПИ-регулятора в среде MATLAB. Журнал Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2012г -С.282 -287.
4. Донаев Ф.К., Диёров Р. Х., Хасанзода Н., Система управления электроприводом переменного тока на основе нечеткой логики. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №1 (49) – 2020.

5. Бесекерский В.А., Руководство по проектированию систем автоматического регулирования. - М.: Высш. Школа, 1983. - 296с.

АННОТАЦИЯ
АЛГОРИТМИ ЧУР ҚАРДАНИ ТАНЗИМАИ НОМУАЙЯН БАРОИ
СИСТЕМАИ ИДРАИ АВТОМАТИИ НАСОС

Дар мақолаи мазкур амсилаи математикӣ ва речаи кории системаи автоматондашудаи ҳаракатдиҳандаи истгоҳи насосӣ мавриди муҳокима қарор дода шудааст. Алгоритми чур қардани танзимаи номуайян ва речаҳои кории ду намуди танзимаҳо, классикӣ ва танзимаҳо дар асоси мантиқи номуайян, системаҳои ба тарзи автоматӣ танзим намудани ҳаракатоварҳои истгоҳи насосӣ дар ҳудуди болоӣ ва поёни муқоиса қарда шудааст.

Калимаҳои калидӣ : системаи танзими автоматӣ , ҳаракатдиҳанда, истгоҳи насосӣ , табдилдиҳандаи басомадӣ , танзима, танзима бо мантиқи номуайян.

ANNOTATION
ALGORITHM SETTING FUZZY REGULATOR FOR ACS OF PUMP
ELECTRIC DRIVE

This article discusses the mathematical models and operating modes of the automated electric drive system of the pumping station. An algorithm for tuning a fuzzy controller is carried out. A comparison of the operating modes of two regulators, classical and regulators based on fuzzy logic, of the automatic control system of the electric drive of the pumping station at the upper and lower ranges is made.

Key words: automatic control system, electric drive, pumping station, frequency converter, regulator, fuzzy logic regulator.