

ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

¹Вильданов Р.Г., ¹Панфилов В.В., ¹Аслаев Р.Р.

¹Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават, Россия (453250, Салават, ул. Губкина, 22б), email: vildanov.rauf@yandex.ru

Рассмотрены современные проблемы организации классических многосвязных контуров регулирования для инженеров автоматизации технологических процессов и решение данных проблем при помощи регуляторов на основе нечеткого логического аппарата. Приведены результаты реализации систем автоматического управления различных конфигураций и сравнительный анализ обозначенных систем. В результате сравнительного анализа полученных переходных процессов показано, что в случае системы управления с нечетким регулятором был получен процесс с лучшими критериями качества, нежели чем в случае с одноконтурной и каскадной системами управления. Эффективность использования нечетких регуляторов показана на примере построения системы нечеткого регулирования уровня конденсата в вертикальном трубчатом испарителе узла дистилляции установки производства полиэтилена высокой плотности.

Ключевые слова: нечеткая логическая система управления, среда имитационного моделирования Simulink, критерии качества

RESEARCH INVESTIGATION AND REALIZATION OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC

¹Vildanov R.G., ¹Panfilov V.V., ¹Aslaev R.R.

¹Salavat Branch of "Ufa State Petroleum Technical University", Russia (22b Gubkin Str., Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250), e-mail: vildanov.rauf@yandex.ru

We have considered the industrial process automation engineer problems of classic multiple-track control circuits organization and solving of these problems by means of fuzzy logic control instruments. Realization results of various automatic control systems configurations and these systems comparative analysis are given. As follows from transient process comparative analysis it is illustrated that in case of fuzzy logic control system the process is received with better control criterion than single-loop and cascade control systems. The efficiency of using fuzzy controllers is shown by the example of system integration of condensation level fuzzy regulation in vertical tubular evaporator of distillation unit for high-density polyethylene generation installing.

Keywords: fuzzy logic control system, simulation-modelling environment Simulink, control criterion

Современный уровень развития промышленных объектов, таких как производство этилена и пропилена, требует комплексного подхода при использовании методов и средств автоматического контроля и управления параметров технологических процессов [1].

В настоящее время подавляющее большинство контуров функционирует в сложных структурах систем регулирования, которые содержат перекрестные связи в объекте регулирования. Настройки каждого контура существенно зависят от характеристик других контуров, в том числе от параметров настройки регуляторов в этих контурах.

В том случае, если в многомерной системе неправильно настроен один контур, чаще всего это проявляется в появлении периодических колебаний одной частоты с разными амплитудами и фазами во всех взаимодействующих контурах. Предопределить такой контур с регулятором, который часто называют корневым контуром, является весьма трудной

задачей. Кроме того, в современных условиях эксплуатации автоматизированных систем управления технологическим процессом инженер, занимающийся настройкой регуляторов, отвечает за несколько сотен контуров регулирования. Попытки устранения возникающих в системе предаварийных ситуаций приведут только к простым приемам, заключающимся в ослаблении настройки регуляторов. При этом будет снижаться качество работы системы, однако функционирование процесса в таких условиях допустимо [2].

Итак, можно заключить, что настройка таких систем является довольно сложной задачей, а для того, чтобы получить параметры модели, рекомендуется нанести возмущение выбранной формы регулирующим органом при отключенном регуляторе и записать переходный процесс.

Следовательно, для того чтобы получить параметры настройки, необходимо организовать и провести на действующих промышленных установках эксперимент с выводом объекта из нормального режима работы на довольно длительное время, что может привести к невосполнимым экономическим затратам для предприятия.

Применение нечетких логических систем в различных отраслях промышленности является высокоэффективным направлением развития современных предприятий, при этом не заменяя обычной техники управления, а дополняя ее методологией реализации стратегий многосвязного управления [3].

Таким образом, предлагается повысить качество систем регулирования путем использования оптимальных нелинейных управляющих устройств, которые изменяют параметры настройки регуляторов в зависимости от значений регулируемой переменной и позиционера регулирующего органа. При этом модель объекта описывается линейным уравнением.

Исходя из вышесказанного, поставим задачу реализации и исследования различных систем управления, а именно:

- 1) одноконтурная система управления с ПИ-регулятором;
- 2) каскадная система управления с основным и вспомогательным регуляторами;
- 3) система управления на базе нечеткой логики.

В качестве объекта регулирования выбрали поддержание уровня конденсата в вертикальном трубчатом испарителе узла дистилляции производства полиэтилена высокой плотности.

Кроме того, для реализации системы управления предлагается использовать промышленный контроллер UDC 2500 компании Honeywell. Рассматриваемый программируемый контроллер обладает объемом памяти программы 12 шагов, а также возможностью использования алгоритмов нечеткой логики.

Структурная схема моделей вышеобозначенных систем управления, выполненная в программном комплексе Matlab, изображена на рисунке 1.

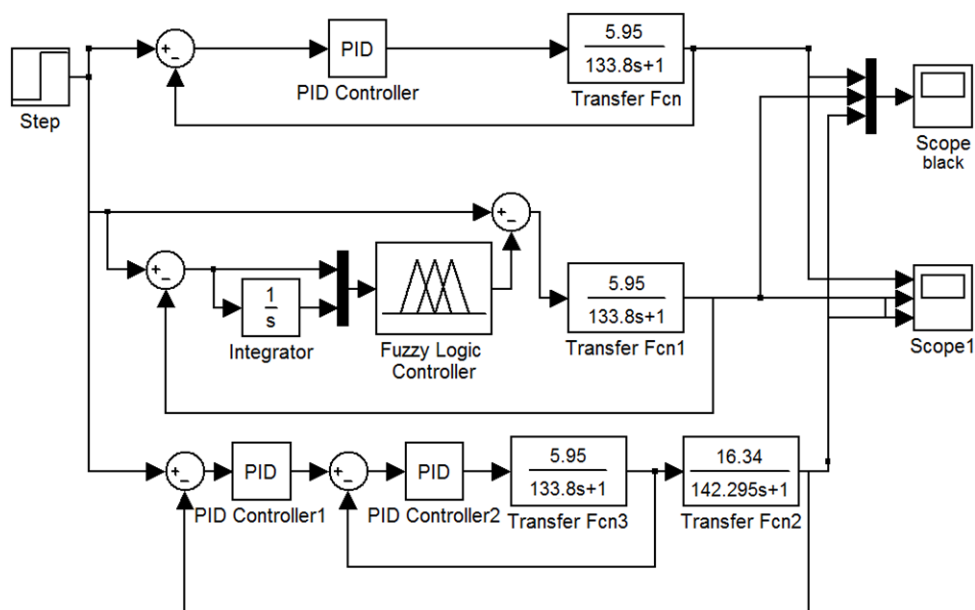


Рис. 1. Структурная схема одноконтурной, каскадной систем управления и система управления с ПИ-подобным нечетким регулятором

Проектирование регуляторов для объектов управления проводили в интерактивной системе для анализа линейных и нелинейных динамических систем Simulink. Данная система является надстройкой программного продукта MatLab и представляет собой графическую среду имитационного моделирования, позволяющую при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы.

В случае одноконтурной и каскадной систем управления были определены параметры регулирования, обеспечивающие регулирование выходной величины объекта с требуемой точностью.

Система управления с нечетким регулятором выполнена при помощи алгоритма Мамдани на основе пяти правил. Данный алгоритм описывает несколько последовательно выполняющихся этапов. При этом каждый последующий этап получает на вход значения, полученные на предыдущем шаге:

- 1) формирование базы правил;
- 2) фаззификация;
- 3) активация подзаклучений;
- 4) агрегирование подусловий;
- 5) аккумулялирование заклучений;
- 6) дефаззификация.

Кроме того, ввели две входные переменные «X1» и «X2» и выходную переменную «Out» и построили функции принадлежности для термов используемых переменных (рис. 2).

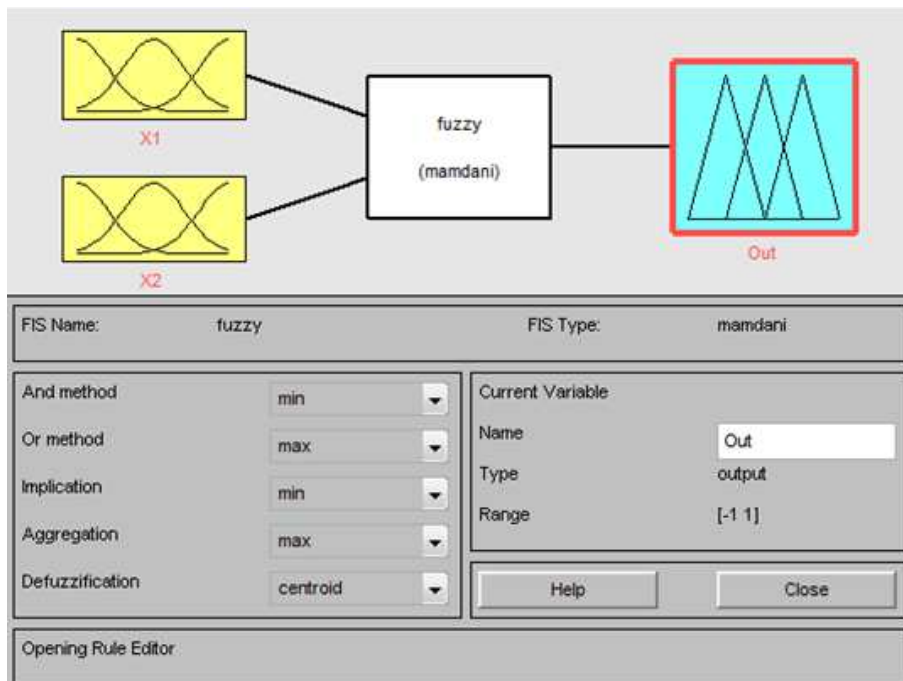


Рис. 2. Входные и выходные переменные нечеткого регулятора

При настройке нечеткого регулятора воспользовались правилами, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Правила настройки нечеткого регулятора

№	Правило нечеткого регулятора
1	Если (X1 = okay), то (Out = Z)
2	Если (X1 = low), то (Out = LP)
3	Если (X1 = high), то (Out = LN)
4	Если (X1 = okay) и (X2 = positive), то (Out = SP)
5	Если (X1 = okay) и (X2 = negative), то (Out = SN)

После этого сформировали обозначенные правила в блоке настройки правил пакета FuzzyLogic (рис. 3).

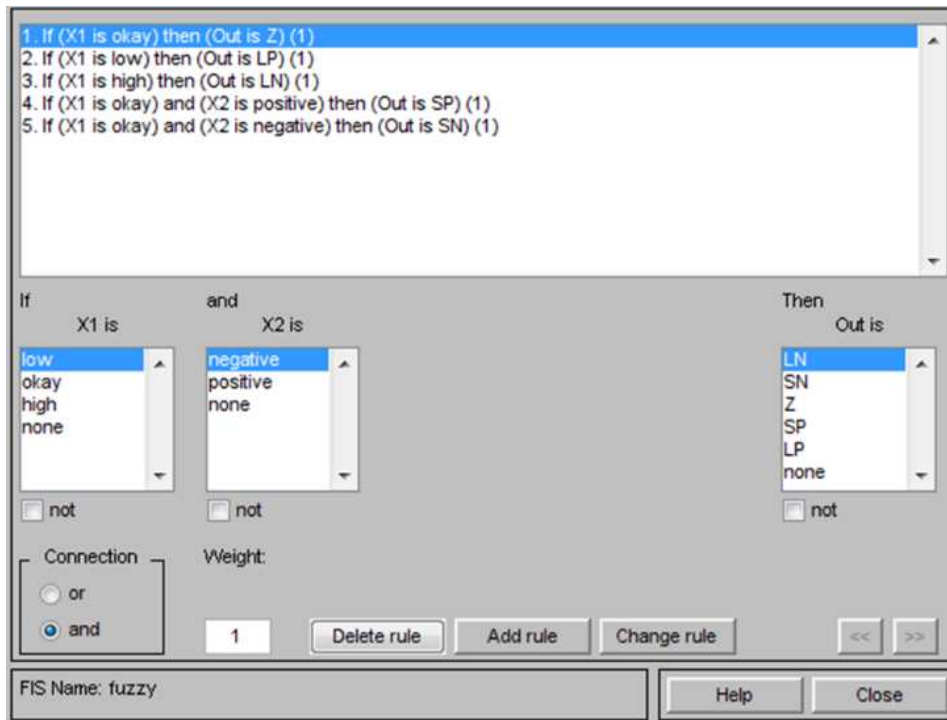


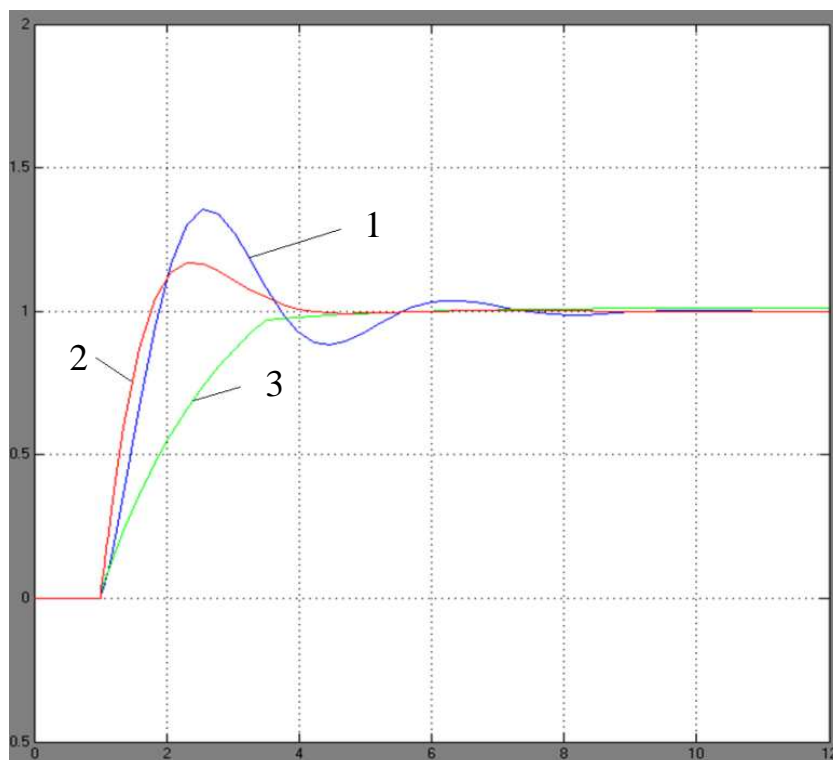
Рис. 3. Блок настройки правил

Экспортировав настройки регулятора в рабочее пространство программной среды MatLab и указав данные настройки в помещенном в окне Simulink регуляторе, получили систему управления с нечетким регулятором.

На следующем этапе необходимо сравнить качество регулирования спроектированных систем управления. Для этого требуется получить кривые переходного процесса посредством подачи на них ступенчатого воздействия. В программной среде Simulink данную функцию выполняет блок «Step».

Кроме того, для удобства графического представления переходных процессов изобразили их в одной координатной плоскости, используя при этом мультиплексор «Mux», и в разных. В качестве приемника сигналов использовали осциллограф «Scope», который позволяет строить графики исследуемых сигналов в функции во времени [5].

Так, подав единичное ступенчатое воздействие на одноконтурную, каскадную систему и систему с нечетким регулятором, получили изображенные на рисунке 4 графики переходных процессов.



1 – одноконтурная автоматическая система регулирования; 2 – каскадная система регулирования; 3 – система регулирования с ПИ-подобным нечетким регулятором

Рис. 4. Графики переходных процессов

Анализ переходных процессов произвели по основным прямым показателям качества. Полученные показатели свели в таблицу 2.

Таблица 2

Прямые показатели качества переходных процессов

Показатель качества	Одноконтурная система регулирования	Каскадная система регулирования	Система регулирования с нечетким регулятором
Статическая ошибка	0	0	0,016
Время регулирования	9,5	4,5	3,9
Перерегулирование	0,349	0,176	0
Степень затухания	0,865	1	1

Таким образом, было определено, что подбором типов и форм функций принадлежности можно также улучшить и качество управления при использовании нечеткого регулятора в системе автоматического управления.

В результате получившихся показателей качества получили, что система управления с нечетким регулятором в отличие от одноконтурной и каскадной системы при применении к исследуемому объекту обладает нулевым перерегулированием и меньшим временем регулирования. Однако управление при помощи нечеткого логического аппарата

характеризуется наличием небольшой статической ошибки по сравнению с классическими аналоговыми системами управления, а также с системами управления на базе нейронных сетей и статистических методов [3, 4].

Список литературы

- 1 Асташенков Я.Г., Волкова П.Ю., Вильданов Р.Г. Внедрение системы динамического сканирования насосов на производстве этилена и пропилена. // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов / Под ред. В.А. Шабанова и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. – С. 190–191.
- 2 Бикметов А.Г., Вильданов Р.Г. Моделирование автоматизированной системы регулирования расхода с fuzzy-регулятором. // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов / Под ред. В.А. Шабанова и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. – С. 184–186.
3. Вильданов Р.Г., Исхаков Р.Р. Способ обработки дефектоскопической информации на основе нейронных сетей. // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов / Под ред.: В.А. Шабанова и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. – С. 187–188.
- 4 Вильданов Р.Г., Капустин Г.В. Применение статистических методов для регулирования производства пропилена. // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов / Под ред. В.А. Шабанова и др.– Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. – С. 188–189.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.

Рецензенты:

Баширов М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ЭАПП филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Салават;

Жирнов Б.С., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой ХТП филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Салават.