

НЕЧЁТКИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В КОЛОННЕ СИНТЕЗА АММИАКА

М.С. Ермолаев, А.М. Хафизов

Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г.Салават

Все реальные системы имеют нелинейный характер, обычные контроллеры не всегда могут дать хорошие и точные результаты. Нечёткий логический контроллер используется для получения лучшего отклика. Модель для моделирования разрабатывается, и все предположения делаются до разработки модели. Была сделана попытка проанализировать эффективность нечёткого регулятора по сравнению с традиционным ПИД-регулятором для системы управления температурным режимом колонны синтеза аммиака, и их результаты были сопоставлены. Анализ выполняется посредством компьютерного моделирования с использованием набора инструментов CoDeSys V2.3 и Matlab- Simulink. Это исследование показывает, что применение нечёткого логического контроллера дает лучший результат.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, нечёткий регулятор, система управления, MATLAB-Simulink, CoDeSys V2.3.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве промышленных предприятий контроль температурного режима имеет большое значение, особенно в нефтегазохимической и пищевой промышленности. Качество конечного продукта зависит от точности регулятора температуры. Задача контроллера - поддерживать заданное значение и иметь возможность принимать новые заданные значения. В управлении технологическим процессом основной задачей является регулирование значения некоторой величины. Регулировать - значит поддерживать эту величину на некотором желаемом уровне независимо от внешних воздействий. Искомое значение называется эталонным значением.

ПИД-регулирование (пропорционально-интегрально-дифференциальный) - это широко используемый подход для разработки простой системы управления с обратной связью, в которой для взвешивания влияния ошибки используются три константы. В ПИД-регуляторе сигнал ошибки используется для генерации пропорционального, интегрального и дифференциального воздействий, при этом результирующие сигналы взвешиваются и суммируются для формирования управляющего сигнала, который применяется к системе [1].

В данной работе рассматривается решение проблемы поддержания оптимального температурного режима в колонне синтеза аммиака при помощи аппарата нечёткой логики. Системы управления потенциально опасными технологическими процессами должны постоянно развиваться и совершенствоваться в связи с неоспоримой важностью обеспечения надлежащего контроля качества, поскольку потенциально опасные

технологические процессы трудно формализовать. В связи с этим для управления такими системами уже недостаточно использовать классические методы теории управления и необходимо разрабатывать новые методы и подходы. Один из таких подходов основан на нечетком множестве и нечеткой логике [2].

Была проанализирована целесообразность использования нечеткого регулятора для регулирования температурного режима колонны синтеза аммиака. Рассмотрена структура автоматизированной системы управления температурным режимом колонны синтеза аммиака для традиционного пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора, а также для регулятора, основанного на аппарате нечеткой логики. Представлен сравнительный анализ между традиционным (ПИД) регулятором и нечётким регулятором. Схема управления разработана и смоделирована в среде CoDeSys V2.3 и MATLAB-Simulink. Проведено сравнение обоих контроллеров, которое подчеркивает превосходство нечеткой логической схемы управления.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью данной работы является повышение эффективности управления процессом синтеза аммиака за счет разработки интеллектуальной системы управления данным процессом. Объектом исследования является колонна синтеза установки синтеза аммиака [3]. Управление процессом синтеза аммиака является одной из наиболее важных задач на установке синтеза.

Температура выходного потока колонны синтеза является наиболее значимым показателем, который используют при анализе характеристик продукта

синтеза аммиака. Для повышения эффективности управления рассматриваемым технологическим параметром предлагается разработать нечеткую систему регулирования, которая будет учитывать опыт экспертов данной установки.

При проектировании структурной схемы использовались следующие блоки:

- OPC Read (чтение переменных из среды CoDeSys);
- OPC Configuration (настройка IP-адреса);
- OPC Write (запись значений в глобальные переменные OPC сервера);

- Display3 (отображение выходного сигнала блока OPC Read);
- Derivative (вывод производной по времени от входа);
- Fuzzy Logic Controller (блок нечёткой логики);
- Valve (блок имитирующий клапан);
- Display2 (отображение выходного сигнала блока Fuzzy Logic Controller);
- Transfer Fcn1 (моделирование линейной системы передаточной функцией) [4].

Структурная схема системы управления температурным режимом модели колонны на базе нечёткой логики представлена на рис. 1 [5].

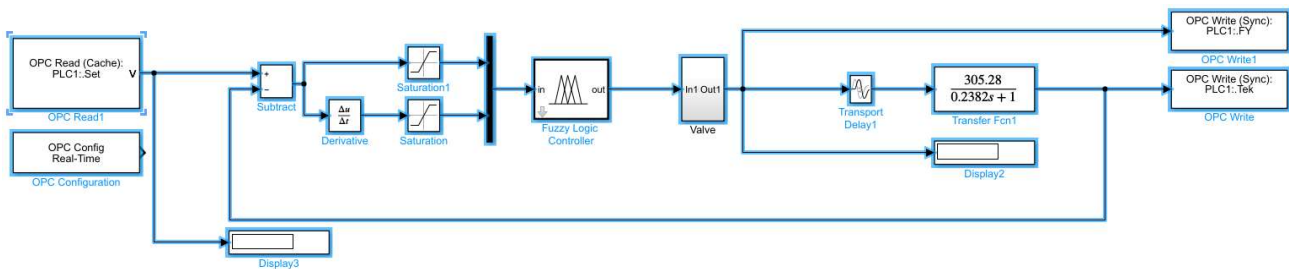


Рис. 1. Структурная схема системы управления на базе нечёткой логики

При создании системы управления на базе нечёткой логики, были задействованы следующие программные продукты:

- MATLAB-Simulink;
- CoDeSys.

В среде программирования CoDeSys составляется код для управления объектом посредством ПИД регулятора.

Математическая модель была получена следующими этапами:

- на реальном объекте были получены данные для построения кривой разгона.
- построение кривой разгона объекта, а также её аппроксимация, тем самым получая расчетную кривую разгона.
- методом площадей Симою определяем передаточную функцию модели объекта по расчётной кривой разгона.

После проведения расчетов в среде MATLAB-Simulink составляется математическая модель объекта управления, представленная передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{305.28}{0.2382s + 1}$$

Взаимосвязь CoDeSys и MATLAB-Simulink осуществляется через OPC сервер, по которому из среды CoDeSys передаётся управляющее воздействие регулятора в среду MATLAB-Simulink и откуда в виде обратной связи в CoDeSys возвращается текущий параметр объекта управления [6].

Для подтверждения эффективности работы нечеткого регулирования был произведен

имитационный эксперимент сравнения стандартного ПИД-регулятора с разработанным нечетким регулятором (рис. 2).

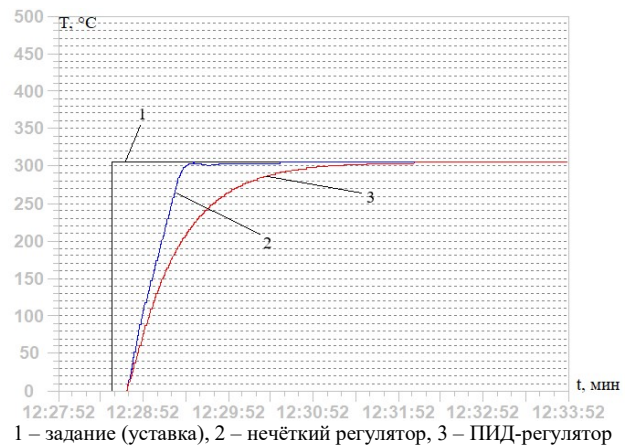


Рис. 2. Переходные процессы в системе с традиционным ПИД- и нечётким регуляторами

Сравнив переходные процессы, видно, что время регулирования процесса с ПИД-регулятором больше, примерно в 2 раза (ПИД-регулятор – 200с., нечёткий регулятор – 110с.).

Структурная схема системы управления температурным режимом модели колонны с ПИД-регулятором и нечётким регулятором представлены на рис. 3.

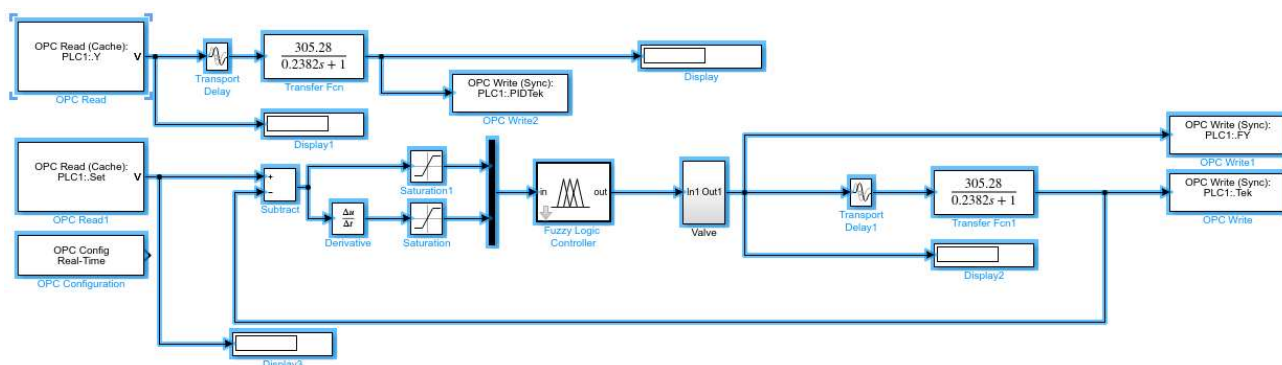


Рис. 3. Структурная схема системы управления с традиционным ПИД- и нечётким регуляторами

Также был произведён анализ устойчивости разработанной замкнутой системы по критерию Найквиста с помощью встроенных средств Matlab (рис. 4).

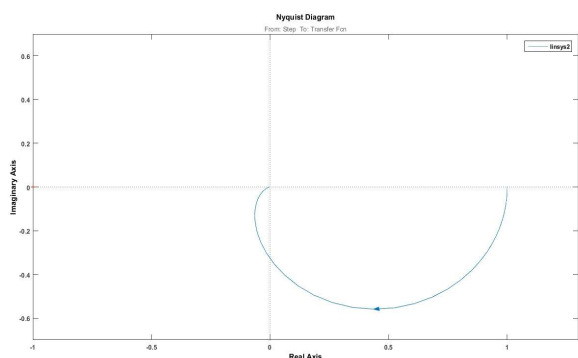


Рис. 4. Годограф Найквиста

Поскольку годограф не охватывает точку $(-1, j0)$, то можно утверждать о том, что система является устойчивой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход к созданию нечёткого регулятора дает значительно более простое решение с требуемым качеством процессов управления. Анализ литературных источников и практических навыков использования нечётких регуляторов показывает, что они обладают лучшими динамическими характеристиками по сравнению с традиционными регуляторами.

На основании проведенного исследования можно отметить следующие преимущества нечёткого регулятора по сравнению с традиционным ПИД-регулятором:

- нечёткий регулятор обеспечивает большую надежность, чем традиционные регуляторы;
- нечёткие регуляторы - это экспертная система реального времени, реализующая человеческий опыт и знания, которые не могут быть реализованы ПИД-регуляторами;

- нечёткие регуляторы - это эвристический модульный способ определения любой нелинейной системы управления. Эта гибкость отсутствует в ПИД-регуляторах;

- нечёткий регулятор имеет лучшие характеристики по отношению к нелинейному управлению технологическим процессом;

- обладая достаточными знаниями о системе, нечёткий регулятор может достичь более высокой степени автоматизации и может выйти далеко за рамки любых обычных контроллеров с использованием нейронной сети и генетического алгоритма.

Также, нечёткие регуляторы могут работать как самостоятельно, так и в паре с традиционным ПИД-регулятором для улучшения его качественных характеристик.

Следовательно, нечёткие логические регуляторы имеют хорошие перспективы разработки и внедрения в промышленность для повышения качества переходных характеристик потенциально опасного процесса синтеза аммиака.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Елисеєва А.А., Малышенко А.М. Анализ методов настройки параметров ПИД-регулятора // Молодежь и современные информационные технологии: Тр. 7-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 15-16.
2. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоиздат, 1991. – С. 234-236.
3. Кузнецов Л.Д., Дмитренко Л.М., Рабина П.Д., Соколинский Ю.А. Синтез аммиака. М.: Химия, 1982. – С. 236-240.
4. Документация MATLAB [Электронный ресурс] // Веб-узел Simulink-Блоки. – 2021. – Режим доступа: https://docs.exponenta.ru/simulink/referencelist.html?type=block&s_tid=CRUX_topnav (дата обращения: 20.03.2021).
5. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. К.: «Радиоаматор», 2008. – С. 972-977.

Ермолаев Максим Сергеевич – магистрант филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате, тел.8-917-424-93-75, e-mail: maksim.ermolaev1997@mail.ru.

Хафизов Алик Мусаевич – к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий» филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате, тел. 8-917-447-15-80, e-mail: alik_hafizov@mail.ru.

FUZZY REGULATOR FOR CONTROLLING THE TEMPERATURE REGIME IN THE COLUMN OF AMMONIA SYNTHESIS

M.S. Ermolaev, A.M. Khafizov

Branch of FGBOU VO "Ufa State Petroleum Technological University", Salavat

All real systems are non-linear; conventional controllers cannot always give good and accurate results. The fuzzy logic controller is used to get the best response. The model for the simulation is developed and all assumptions are made before the model is developed. An attempt was made to analyze the effectiveness of a fuzzy controller versus a conventional PID controller for an ammonia synthesis tower temperature control system, and the results were compared. The analysis is performed by computer simulation using the CoDeSys V2.3 and Matlab-Simulink toolkit. This research shows that using a fuzzy logic controller gives better results.

Index terms: PID controller, fuzzy controller, control system, MATLAB-Simulink, CoDeSys V2.3.

REFERENCES

1. Eliseeva A.A., Malysenko A.M. Analysis of methods for tuning the parameters of the PID controller // Youth and modern information technologies: Tr. 7th All-Russia. scientific-practical conf. students, graduate students and young scientists. Tomsk: TPU Publishing House, 2009. – page 15-16.
2. Aliev R.A., Tserkovny A.E., Mamedova G.A. Production management with fuzzy initial information. M.: Energoizdat, 1991. – page 234-236.
3. Kuznetsov L.D., Dmitrenko L.M., Rabin P.D., Sokolinsky Yu.A. Ammonia synthesis. M.: Chemistry, 1982. – page 236-240.
4. MATLAB Documentation [Electronic resource] // Web site Simulink-Blocks. -2021. - The access mode: https://docs.exponenta.ru/simulink/referencelist.html?type=block&s_tid=CRUX_topnav (accessed March 20, 2021)
5. Gostev V.I. Fuzzy controllers in automatic control systems. K.: "Radioamator", 2008. – page 972-977.

Ermolaev Maxim Sergeevich – master of the branch of FGBOU VO "Ufa State Petroleum Technical University" in Salavat, tel. 8-917-424-93-75, e-mail: maksim.ermolaev1997@mail.ru.

Khafizov Alik Musaevich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises branch of FGBOU VO "Ufa State Petroleum Technical University" in Salavat, tel.8-917-447-15-80, e-mail: alik_hafizov@mail.ru.