АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**Акрамхужаев Йулдошхужа Турсунхужаевич**

доц. кафедры «Информатика, автоматизация и управления»,
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: usmanov.komil@mail.ru

Усманов Комил Исроилович

старший преподаватель кафедры «Информатика, автоматизация и управления»,
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Сокиева Кундуз Уткир Кизи

ассистент
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

ANALYSIS OF CONTROL SYSTEMS OF A NONLINEAR DYNAMIC OBJECT**Yuldoshxuja Akramxujayev**

Associate Professor
“Informatics, automation and control” of the
Tashkent chemical-technological institute,
Uzbekistan, Tashkent

Komil Usmanov

Senior lecturer of department
“Informatics, automation and control” of the
Tashkent chemical-technological institute,
Uzbekistan, Tashkent

Qunduz Soqiyeva

Assistant of department “Informatics, automation and control”
of the Tashkent chemical-technological institute,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Химический реактор - один из основных компонентов химической промышленности, используемый для сдерживания экзотермических и эндотермических химических реакций. Он используется для химических реакций, в которых происходит нагрев и охлаждение одного или нескольких химических веществ. В химическом реакторе необходимо контролировать температуру. В этой исследовательской работе проводится сравнительное исследование производительности различных контроллеров, основной целью которых является регулирование температуры на выходе из реакторной системы до желаемого значения. Анализируется анализ различных контроллеров во временной и частотной областях.

ABSTRACT

A chemical reactor is one of the primary components of a chemical industry used for containing exothermic and endothermic chemical reactions. It is used for the chemical reactions which have heating and cooling of one or more than one chemical. There is a need to control the temperature in chemical reactor. In this research paper, a comparative study of performance of different controllers is performed whose primary aim is to control the outlet temperature of the reactor system to a desired value. Time domain and frequency domain analysis of different controllers are analysed.

Ключевые слова: Химический реактор, Контроллер, Временная область.**Keywords:** Chemical reactor, Controller, Time domain.

Современные управляемые динамические объекты характеризуются высокой степенью сложности, к факторам которой относятся многомерность, нелинейность математической модели и др. Химический реактор - один из основных компонентов химической промышленности, используемый для сдерживания экзотермических и эндотермических химических реакций. Он используется для химических реакций, в которых происходит нагрев и охлаждение одного или нескольких химических веществ [1].

- Существуют разные типы реакторов, такие как
1. Реактор с непрерывным перемешиванием (РНП)
 2. Реактор с поршневым потоком (РПП)
 3. Реактор полупериодического действия
 4. Каталитический реактор

Необходимо контролировать нагрев и охлаждение химического реактора. Температуру химического реактора необходимо поддерживать на желаемом уровне [2]. Для управления используется контроллер. Задача контроллера - контролировать температуру выходящей жидкости до желаемой уставки. На рынке доступно множество типов контроллеров, но наиболее широко используемым контроллером в отрасли является пропорционально-интегрально-производный (ПИД) контроллер. Подсчитано, что около 90% контуров управления технологическим процессом используют ПИД-регулятор, и довольно часто производное усиление устанавливается равным нулю [4] или интегральное усиление устанавливается равным нулю в соответствии с требованиями управления. Благодаря своей трехчастной функциональности, охватывающей как переход-

ные, так и установившиеся реакции, пропорционально-интегрально-производное (ПИД) управление предлагает простейшее, но наиболее эффективное решение многих реальных проблем управления [3-5]. Пропорциональное действие регулирует выходной сигнал контроллера в соответствии с размером ошибки, интегральное действие устраняет смещение в установившемся состоянии, а будущее прогнозируется посредством производного действия. С момента изобретения ПИД-регулирования в 1910 году и методов настройки Циглера - Николса в 1942 году [7] популярность ПИД-регулирования в промышленности значительно выросла. Процедура выбора значений контроллера называется настройкой, а регулируемые параметры контроллера называются постоянной настройкой. В настройках Цейглера-Николса обычно наблюдается чрезмерный выброс, и этот метод не может использоваться для настройки установок, которые имеют относительно нормализованную временную задержку [8]. Настройка параметров ПИД-регулятора основана на поведении установки, поэтому перед настройкой ПИД-регулятора проектировщику требуется вся соответствующая информация об установке, а также модель процесса. ПИД-регуляторы разработаны для линейных систем, и наличие нелинейности, которая очень часто встречается в обрабатывающей промышленности, ограничивает их производительность и серьезно влияет на управляющее воздействие [9].

На рисунке 1 показана принципиальная схема реакторной системы, широко используемой в перерабатывающей промышленности [11].

Рисунок 1. Принципиальная схема реакторной системы

В этой статье температура РНП контролируется с помощью двух разных контроллеров [10].

1. Контроллер обратной связи
2. Контроллер обратной связи и прямой связи

В контроллере обратной связи используется ПИД-регулятор, который настраивается с помощью правила настройки Цейглера-Николса.

В этом разделе дается обзор проблемы, обсуждаемой в статье. На рисунке 2 показан контур управления с обратной связью, реализованный в системе РНП для управления температурой выходящей жидкости.

Рисунок 2. Управление обратной связью в РНП

Ниже приведены экспериментальные данные [12] для реактора.

Передаточная функция датчика потока:

$$W_1 = \frac{0.1}{5p+1}$$

Передаточная функция для возмущения давления:

$$W_2 = \frac{1}{20p+1}$$

Передаточная функция для возмущения потока:

$$W_3 = \frac{2}{20p+1}$$

На рисунке 4 показана блок-схема управления с обратной связью РНП.

Для управления используется регулирование с обратной связью по температуре, а в качестве управляющего элемента используется ПИД-регулятор.

Рисунок 3. Подход с передаточной функцией к управлению с обратной связью

Уравнение (1) показывает уравнение идеального ПИД-регулятора во временной области.

Общая форма ПИД-регулятора:

ПИД-регулятор традиционно подходит для систем второго и нижнего порядка. Его также можно использовать для растений более высокого порядка с доминирующим поведением второго порядка. Методы Циглера-Николса (Z-N) основаны на тестах отклика на скачок или на частотный отклик с обратной

связью. ПИД-регулятор настраивается в соответствии с таблицей, основанной на тесте реакции процесса. Согласно критериям настройки АЧХ Цейглера-Николса: $K_p = 0,6K_c$, $\tau_i = 0,5T$, $\tau_d = 0,125T$

На рис. 4 показана ступенчатая характеристика реакторной системы с ПИД-регулятором, который регулирует температуру на выходе из реактора.

Рисунок 4. Переходная характеристика устройства системы с ПИД-регулятором

На рис. 5 показана ступенчатая характеристика реакторной системы с контроллером обратной связи

и упреждающей связи. Контроллер прямой связи используется вместе с контроллером обратной связи.

Рисунок 5. Отклик блока обратной связи плюс контроллер прямой связи

Заключение

В этой статье рассматривается пример химического реактора и делается попытка контролировать температуру на выходе из химического реактора до желаемой температуры. Сначала разрабатывается математическая модель

системы, а затем реализуется контроллер с обратной связью и прямой связью для достижения цели управления. Из результатов видно, что контроллер обратной связи плюс прямой связи лучше, чем контроллер обратной связи. В этой области есть много возможностей в будущем, где может быть реализовано интеллектуальное управление.

Список литературы:

1. Knopse Carl, "PID control," Guest editor, Introduction to special edition, IEEE control system, 30-31 (2006).
2. Якубова Н.С., Усманов К.И., Сарболаев Ф.Н., & Исломова Ф.К. (2021). Нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных объектов с дискретным временем. *Universum: технические науки*, (3-1 (84)), 35-39.
3. Subhransu Padhee, Yaduvir Singh, Yuvraj B Khare, "Internal model based PID control of shell and tube heat exchanger system," *Proc.2011 IEEE Student's Technology Symposium*, Jan 2011, pp. 297 – 30.
4. Адаптивно нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных динамических объектов // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* Усманов К.И. [и др.]. 2020. № 3 (72). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9016> (дата обращения: 14.03.2021).
5. Usmanov, R., Siddikov, I., Yakubova, N., & Rahmanov, A. (2018). Adaptive identification of the Neural system of Controlling nonlinear Dynamic Objects. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 5(2), 5195-5199.
6. Sidikov I., Yakubova N., Usmanov K., & Kazakhbayev S. (2020). Fuzzy synergetic control nonlinear dynamic objects. *Karakalpak Scientific Journal*, 3(2), 14-22.
7. Нечеткое управление нелинейных динамических объектов в интеллектуальных системах // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* Усманов К.И. [и др.]. 2020. № 4 (73). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9275> (дата обращения: 14.03.2021).
8. Y. Fu and T. Chai, "Intelligent decoupling control of nonlinear multivariable systems and its application to a wind tunnel system," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 17, no. 6, pp. 1376–1384, 2009.
9. Сидиков И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С., & Казахбаев С.А. (2020). Нечеткое синергетическое управление нелинейных систем. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2).
10. P. Menghal and A.J. Laxmi, "Adaptive neuro fuzzy based dynamic simulation of induction motor drives," in *Fuzzy Systems (FUZZ)*, 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013, pp. 1–8.
11. Siddikov I., Usmanov K., Yakubova N. Synergetic control of nonlinear dynamic objects // *Chemical Technology, Control and Management*. – 2020. – Т. 2020. – №. 2. – С. 49-55.
12. Vaishnav S.R., and Khan Z.J., "Design of PID and fuzzy logic controller for higher order system," *Int. Conf. on control and automation (ICCA)*, China, 1469-1472, (2007)