

Курбетьев К.В. Сравнение ПИД-регулятора и нечеткого регулятора на примере системы управления подачей рудного материала в агрегат измельчения // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №6 (июнь). – АРТ 352-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 681.5

Курбетьев Константин Вячеславович

студент 1 курса, институт энергетики и автоматизированных систем

Научный руководитель: Мухина Е.Ю.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

г. Магнитогорск, Российская Федерация

e-mail: mgtu@magtu.ru

**СРАВНЕНИЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРА И НЕЧЕТКОГО
РЕГУЛЯТОРА НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПОДАЧЕЙ РУДНОГО МАТЕРИАЛА В АГРЕГАТ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ**

Аннотация: Применение в системах управления объектами с нелинейной статической характеристикой нечетких регуляторов позволяет получить переходный процесс лучшего качества, чем в системе управления с типовым ПИД-регулятором. В статье на примере системы управления подачей рудного материала на барабанный измельчитель производится сравнение названных видов регуляторов.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, нечеткий регулятор, функции принадлежности, система управления.

Kurbetyev Konstantin Vyacheslavovich

1nd year student, features of social interview

Supervisor: E.Y. Mukhina

FGBOU VO "Nosov Magnitogorsk State Technical University"

Magnitogorsk, Russian Federation

**SYSTEM OF MEASURING TEMPERATURE OF COKE PIE
WITH STATIONARY PYROMETERS ON COKE BATTERIES OF
COCOCHEMICAL PRODUCTION**

Abstract: Application in control systems of objects with non-linear static characteristic of fuzzy regulators allows to obtain a transient process of better quality than in a control system with a typical PID controller. In the article, using the example of a control system for feeding ore material to a drum shredder, a comparison is made between the types of regulators mentioned.

Key words: PID controller, fuzzy controller, membership functions, control system.

В современных автоматизированных системах управления технологическими процессами является стандартом использование программируемых микропроцессорных средств для регулирования необходимых параметров. На базе таких средств возможна реализация контуров регулирования с различными алгоритмами формирования управляющего воздействия. Наиболее распространенным в промышленности на сегодняшний день является типовой ПИД-регулятор [1], который при правильной настройке, как правило, позволяет получить переходный процесс требуемого качества.

Однако достижение требуемых параметров переходного процесса с использованием типового ПИД-регулятора зачастую затруднительно в системах с объектами управления, обладающих существенной нелинейностью статической характеристики. В системах такого рода целесообразно использование регуляторов, построенных на принципах нечеткой логики (нечетких регуляторов). Представляется интересным на примере конкретной системы с нелинейным объектом управления сравнить показатели качества процесса при использовании данных видов регуляторов.

В работе моделировалась система управления подачей рудного материала в агрегаты измельчения барабанного типа. При моделировании использовались параметры объекта управления, приведенные в [2].

Структурная схема объекта управления представлена на рисунке 1. Математическая модель объекта управления аппроксимируется последовательным соединением звена статической характеристики с коэффициентом передачи $F(X)$:

$$F(x) = 0,027 X_{ex}^2 + 4,02 X_{ex} + 356,7 \quad (1)$$

и двумя инерционными звеньями первого порядка с постоянными времени $T_1=200$ с и $T_2 = 20$ с. Второе инерционное звено является аппроксимацией звена запаздывания (что справедливо в данном случае, т. к. T_1 на порядок превосходит T_2). В системе используется исполнительный механизм постоянной скорости, скорость исполнительного механизма $K_{им} = 0,2\%$ хода/с. Выходное значение объекта управления Z – значение подачи руды.

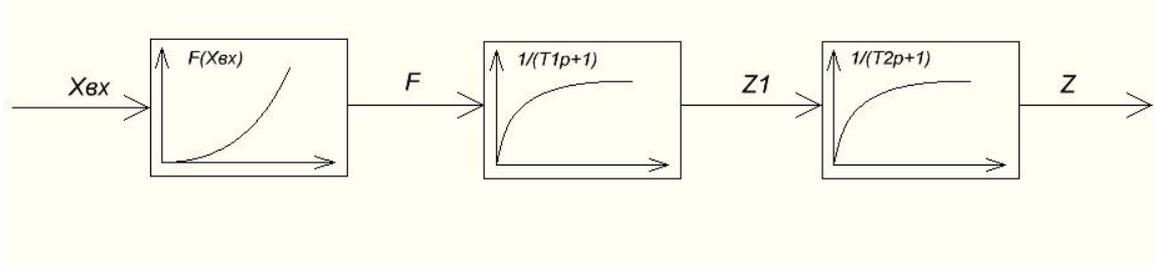


Рисунок 1 – Структурная схема объекта управления

Структурная схема системы управления с использованием ПИД-регулятора представлена на рисунке 2. Рассогласование E формируется как разность между заданным значением подачи руды $Z_{зад}$ и фактическим значением $Z_{факт}$ и поступает на вход ПИД-регулятор. Выход регулятора Y рассчитывается по формуле:

$$Y = \frac{K_p (T_{уз} p + 1)(T_n p + 1)}{T_{уз} p}, \quad (2)$$

где p – оператор дифференцирования $\frac{d}{dt}$. Сигнал с выхода регулятора поступает на устройство определения направления (УОН) движения ИМ с зоной нечувствительности dZ . Выходной сигнал U УОН определяет необходимость и направление движения исполнительного механизма и в свою очередь определяется выражением:

$$U(\tau) = \begin{cases} +1, & \text{при } Y(\tau) \geq \frac{dZ}{2} \\ 0, & \text{при } -\frac{dZ}{2} \leq Y(\tau) \leq \frac{dZ}{2} \\ -1, & \text{при } Y(\tau) \leq -\frac{dZ}{2}. \end{cases} \quad (3)$$

Инерционность исполнительного механизма (ИМ) в данной работе не учитывается, передаточная функция соответствующего звена представляется в виде интегратора с коэффициентом усиления $K_{ИМ}$. Положение вала ИМ $X_{вх}$ является входным сигналом для объекта управления (ОУ), модель которого рассмотрена ранее.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

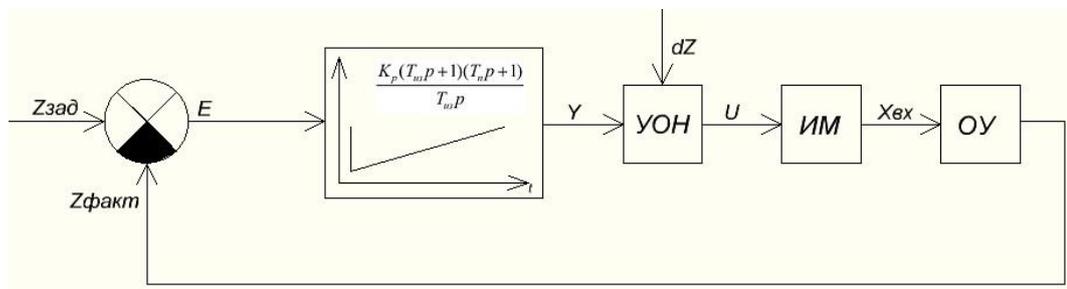


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления с использованием ПИД-регулятора. $Z_{зад}$ – задание подачи, E – рассогласование, I , P , D – интегральная, пропорциональная и дифференциальная часть соответственно; Y – выход регулятора, УОН – устройство определения направления, ИМ – исполнительный механизм, ОУ – объект управления

Структурная схема системы управления с использованием нечеткого регулятора представлена на рисунке 3.

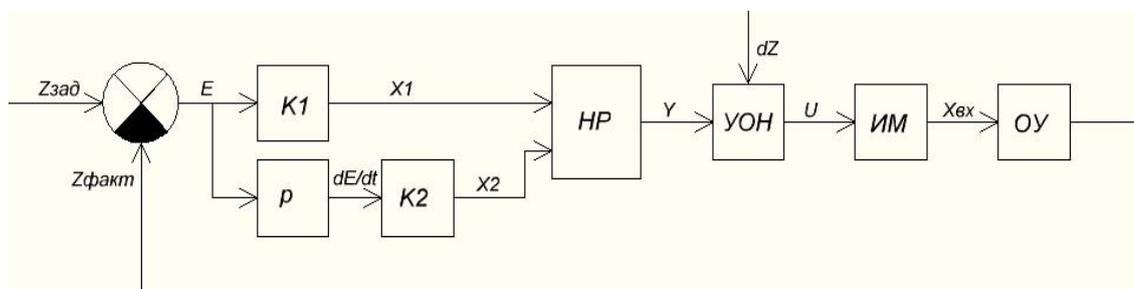


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления с использованием нечеткого регулятора. K_1 , K_2 – коэффициенты масштабирования входных сигналов регулятора, НР – нечеткий регулятор, p – оператор дифференцирования

Заданное значение подачи $Z_{зад}$ поступает на элемент сравнения, где из него вычитается фактическое значение выхода ОУ – $Z_{факт}$, в результате формируется сигнал рассогласования $E = Z_{зад} - Z_{факт}$. Полученный сигнал поступает на вход масштабирующих коэффициентов K_1 , а также на вход дифференцирующего звена с последующим умножением на коэффициент

К₂. Таким образом, на вход нечеткого регулятора (НР) поступают масштабированные сигналы рассогласования и скорости изменения рассогласования.

Масштабированные сигналы поступают на вход НР, осуществляющего формирование выходного сигнала по упрощенному алгоритму [3]. По функциям принадлежности определяется принадлежность рассогласования и скорости изменения рассогласования нечетким множествам: А₁ – положительное большое, А₂ – положительное малое, А₃ – нулевое, А₄ – отрицательное малое, А₅ – отрицательное большое.

В качестве функции принадлежности используются кусочно-линейные функции:

$$A_5^{X_i} = \begin{cases} 1, & \text{если } X_i < -1; \\ -1,25 \cdot X_i - 0,25, & \text{если } -1 \leq X_i \leq -0,2; \\ 0, & \text{если } X_i > -0,2; \end{cases}$$

$$A_4^{X_i} = \begin{cases} \frac{7}{5} X_i + \frac{17}{10}, & \text{если } -1 \leq X_i \leq -0,5; \\ -\frac{10}{7} \cdot X_i + \frac{2}{7}, & \text{если } -0,5 < X_i \leq 0,2; \\ 0, & \text{если } X_i > 0,2; \end{cases}$$

$$A_3^{X_i} = \begin{cases} -1,25 \cdot X_i + 1, & \text{если } 0 < X_i < 0,8; \\ 1,25 \cdot X_i + 1, & \text{если } -0,8 \leq X_i \leq 0; \\ 0, & \text{если } X_i \geq 0,8 \text{ или } X_i < -0,8; \end{cases}$$

(4)

$$A_2^{X_i} = \begin{cases} -\frac{7}{5} X_i + \frac{17}{10}, & \text{если } 0,5 \leq X_i \leq 1; \\ \frac{10}{7} \cdot X_i + \frac{2}{7}, & \text{если } -0,2 \leq X_i < 0,5; \\ 0, & \text{если } X_i < -0,2; \end{cases}$$

$$A_1^{X_i} = \begin{cases} 1, & \text{если } X_i > 1; \\ 1,25 \cdot X_i - 0,25, & \text{если } 0,2 \leq X_i \leq 1; \\ 0, & \text{если } X_i < 0,2. \end{cases}$$

Нечеткие множества значений выходной лингвистической переменной определены функциями принадлежности:

- V₁ - «Положительное большое»;
- V₂ - «Положительное малое»;
- V₃ - «Нулевое»;
- V₄ - «Отрицательное малое»;
- V₅ - «Отрицательное большое».

Значения выходной лингвистической переменной представлены в виде вектора $V = (1; 0,5; 0; -0,5; -1)$.

Для формирования выходного значения используется база правил:

$$R_1 : (X_1 = A_5^{X_1}) \cap (X_2 = A_3^{X_2}) \rightarrow Y = B_5;$$

$$R_2 : (X_1 = A_1^{X_1}) \cap (X_2 = A_3^{X_2}) \rightarrow Y = B_1;$$

$$R_3 : (X_1 = A_4^{X_1}) \cap (X_2 = A_3^{X_2}) \rightarrow Y = B_4;$$

$$R_4 : (X_1 = A_2^{X_1}) \cap (X_2 = A_3^{X_2}) \rightarrow Y = B_2;$$

$$R_5 : (X_1 = A_4^{X_1}) \cap (X_2 = A_4^{X_2}) \rightarrow Y = B_5;$$

(5)

$$R_6 : (X_1 = A_2^{X_1}) \cap (X_2 = A_2^{X_2}) \rightarrow Y = B_1;$$

$$R_7 : (X_1 = A_4^{X_1}) \cap (X_2 = A_2^{X_2}) \rightarrow Y = B_3;$$

$$R_8 : (X_1 = A_2^{X_1}) \cap (X_2 = A_4^{X_2}) \rightarrow Y = B_3;$$

$$R_9 : (X_1 = A_3^{X_1}) \cap (X_2 = A_4^{X_2}) \rightarrow Y = B_4;$$

$$R_{10} : (X_1 = A_3^{X_1}) \cap (X_2 = A_2^{X_2}) \rightarrow Y = B_2;$$

$$R_{11} : (X_1 = A_3^{X_1}) \cap (X_2 = A_3^{X_2}) \rightarrow Y = B_3.$$

Выходное значение регулятора определяется выражением:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^{11} (\mu_i^P \cap \mu_i^Y)}{\sum_{i=1}^{11} \mu_i^P}, \quad (6)$$

где μ_i^P рассчитывается как минимальное значений из функций принадлежности для X_1 и X_2 для каждого правила из базы. Так, для первого правила:

$$\mu_1^P = A_5^{X_1} \wedge A_3^{X_2} = \min(A_5^{X_1}; A_3^{X_2}) \quad (7)$$

μ_i^P – значение выходной лингвистической переменной для данного правила базы.

Работа остальных элементов системы управления с нечетким регулятором аналогична работе данных элементов в системе с ПИД-регулятором.

При моделировании систем использовались следующие исходные данные: шаг дискретизации по времени $dt = 0,1$ с, начальное положение вала ИМ $X_{вх0} = 53,6\%$ хода, начальное значение подачи руды $Z_{факт0} = 649$ кг/мин, заданное значение подачи $Z_{зад} = 750$ кг/мин.

Характеристики системы с ПИД-регулятором: время изодрома $T_{из} = 200$ с, время предварения $T_{п} = 20$ с, коэффициент усиления $K_p = 0,5$, зона нечувствительности УОН $dZ = 2$.

Характеристики системы с нечетким регулятором: $K_1 = 1/70$, $K_2 = 1$, $dZ = 0,02$.

Результаты моделирования для систем с ПИД-регулятором и нечетким регулятором приведены на рисунках 4 и 5 соответственно.

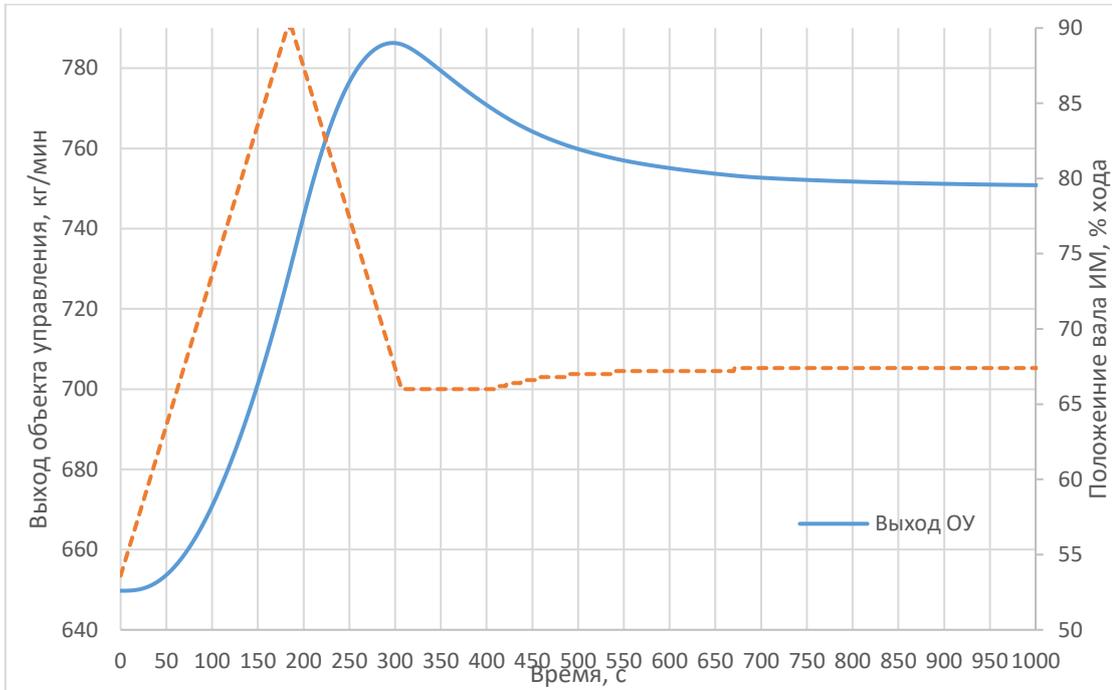


Рисунок 4 – Переходный процесс в системе с ПИД-регулятором

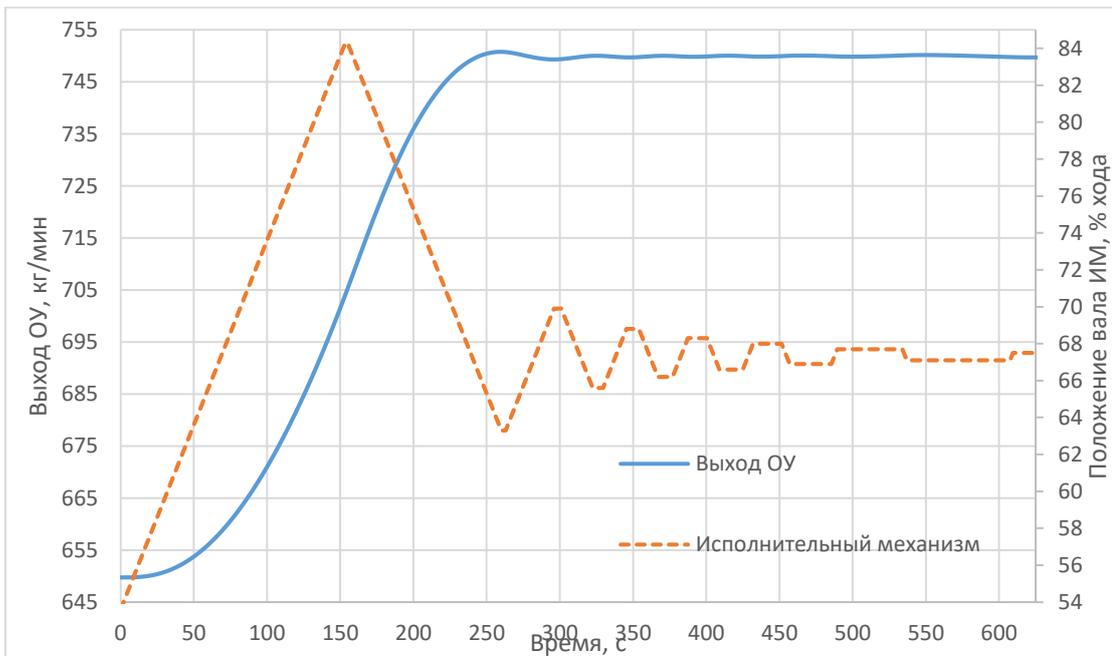


Рисунок 5 – Переходный процесс в системе с нечетким регулятором

Из приведенных результатов очевидно, что качество переходного процесса в системе с нечетким регулятором значительно лучше: практически отсутствует перерегулирование, а время переходного процесса меньше более чем в два раза. Разумеется, данная настройка ПИД-регулятора не является идеальной, напротив, является типовой и в некоторой степени грубой. Однако нечеткий регулятор также настроен с помощью типовых методов. Таким образом, моделирование показало явное превосходство системы с нечетким регулятором при управлении объектом с нелинейной статической характеристикой.

Список использованной литературы:

1. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002, с 380-382.
2. Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Сухонослова Т.Г., Рябчикова Е.С.. Системы автоматизации управления – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 326с.
3. Андреев С.М. Моделирование объектов и систем управления: учебное пособие /ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2017. – 1 электрон. Опт. Диск (CD-R).

Дата поступления в редакцию: 14.06.2018 г.

Опубликовано: 14.06.2018 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018

© Курбетьев К.В., 2018