

## ПРИМЕНЕНИЕ FUZZY-РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

**О.А. Ющенко**

PhD, Карагандинский государственный индустриальный  
университет, г. Темиртау, Казахстан

**Аннотация.** В статье сравниваются результаты применения в системах автоматического управления различных видов управления. Рассмотрена интеллектуальная система с fuzzy-регулятором и классическая одноконтурная с аналоговым ПИД-регулятором. В общей теории управления самым современным направлением является теория нечетких множеств и нечеткой логики. В статье получены результаты моделирования систем управления в программном пакете MATLAB. Исследования показали, что применение fuzzy-регулирования дает возможность получить более качественный переходный процесс, чем при использовании классической одноконтурной схемы.

**Ключевые слова:** fuzzy-регулятор, модель, объект, Мамдани, правила, fis-файл, термы.

В системах автоматизации технологических процессов и производств в последние годы широко используются и внедряются модели и технические средства, основанные на теории нечетких множеств [1]. Пакет Fuzzy Logic Toolbox программной системы MATLAB позволяет создавать и редактировать fuzzy-системы управления с нечеткой логикой, называемые в терминах программной системы MATLAB - Fuzzy Inference System или FIS. Эти системы можно создавать, используя как графические инструменты, так и команды рабочего окна MATLAB [2].

На рисунке 1 показана модель одноконтурной системы автоматического регулирования с аналоговым ПИД-регулятором в обратной связи. Все исследования проводятся при единичном ступенчатом воздействии.

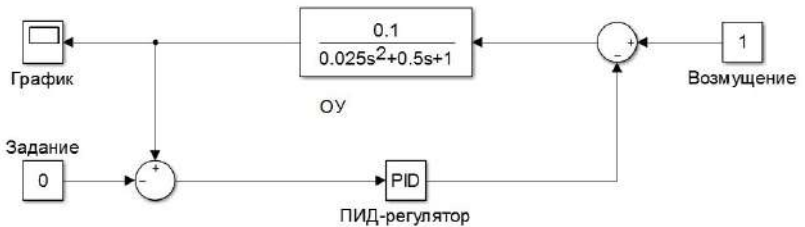


Рисунок 1 - Модель одноконтурной системы автоматического регулирования

Объект управления представляет собой колебательное звено. Таким образом, передаточная функция объекта управления имеет вид:

$$W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2T\zeta s + 1} \quad (1)$$

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W(s) = K + \frac{1}{T_i s} + T_d s = K \left( 1 + \frac{1}{K T_i s} + \frac{T_d}{K} s \right) \quad (2)$$

Блок PID-controller представляет собой подсистему, то есть он образован при помощи более простых блоков системы.

Библиотека системы Simulink содержит блок fuzzy-регулятора. Смоделируем одноконтурную систему автоматического регулирования с использованием данного блока, причём реализуем ПИ-закон регулирования. Для формирования входных сигналов по аналогии с блоком аналогового регулятора используем интегральную составляющую (рисунок 2). Для каждой составляющей сигнала ПИ-регулятора заданы соответствующие коэффициенты. Таким же способом можно задать коэффициенты для входов fuzzy-регулятора, используя усилительный блок. Причём значения параметра усиления в линиях пропорциональной и интегральной составляющих сигнала соответствуют P и I настройкам аналогового ПИ-регулятора. Однако количественное задание составляющих сигнала при помощи усилительных блоков не рекомендуется использовать,

поскольку это загромождает схему. Поэтому задают диапазоны изменения переменных непосредственно при синтезе нечёткой системы.

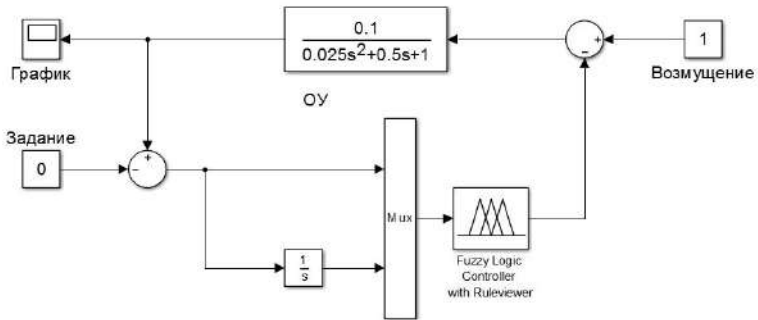


Рисунок 2 - Модель одноконтурной системы автоматического регулирования с ПИ-подобным fuzzy-регулятором

Теперь при помощи инструментов графического интерфейса пользователя (GUI) пакета "Fuzzy Logic Toolbox" создадим нечёткую систему, реализующую типовой аналоговый ПИ-регулятор [3].

Необходимо сформировать базу правил fuzzy-регулятора. Линейный непрерывный ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$y(t) = K \cdot \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \cdot \varepsilon(t) \quad (3)$$

можно заменить близким по стратегии и логике управления fuzzy-регулятором, если в качестве его выходной переменной рассматривать приращение управляющего воздействия  $\Delta u$ . Тогда закон регулирования (3) можно представить в следующей дифференциальной форме:

$$\frac{dy(t)}{dt} = K \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \cdot \varepsilon(t) \quad (4)$$

или в разностной форме:

$$\frac{dy(t)}{dt} = K \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \cdot \varepsilon(t) \quad (5)$$

$$\Delta y(k) = y(k) - y(k-1) = K \cdot \Delta \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \cdot \varepsilon(t) \quad (6)$$

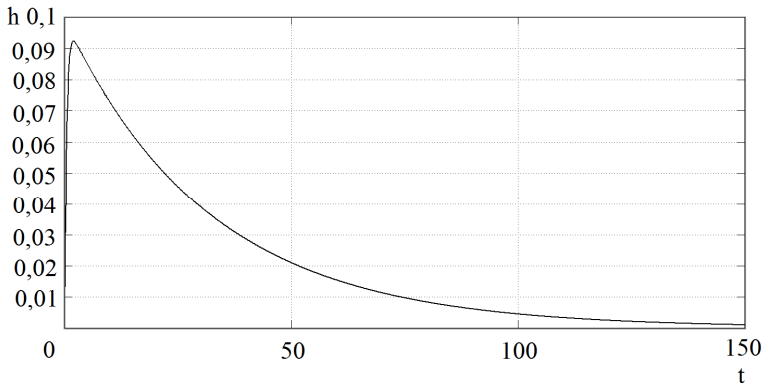
Таким образом, для входных переменных  $\varepsilon(k)$  и  $\Delta \varepsilon(k)$  и выходной  $\Delta y(k)$  может быть синтезирован fuzzy-регулятор, реализующий нелинейный закон

$$\Delta y(k) = F[\Delta \varepsilon(k), \varepsilon(k)] \quad (7)$$

и эквивалентный в определённом смысле ПИ-регулятору.

Графики переходных процессов для модели с аналоговым регулятором и модели с fuzzy-регулятором представлены на рисунке 3.

Как видим из рисунка время регулирования и число колебаний несколько больше для системы с fuzzy-регулятором, однако динамическая ошибка значительно уменьшилась.



a)

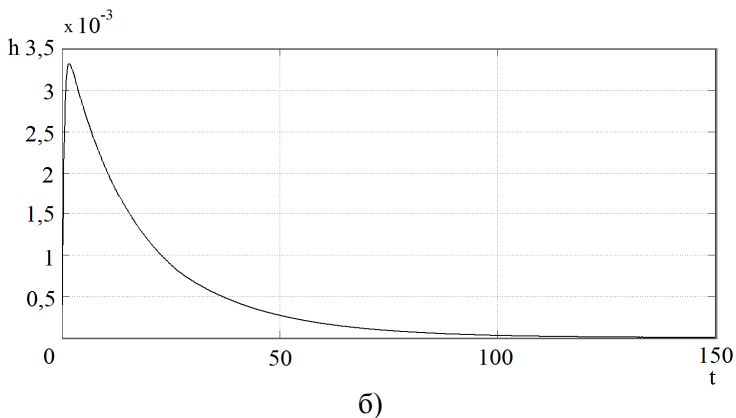


Рисунок 3 - Графики переходных процессов для модели с аналоговым регулятором (а) и модели с fuzzy-регулятором (б)

### Список литературы

1. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 144 с.
2. MATLAB. Exponenta. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book3/6.php> свободный. - Загл. с экрана.
3. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.