



УДК 621.311

## НЕЧЕТКІ АДАПТИВНІ ПІД-РЕГУЛЯТОРИ ТА МЕТОДИКА ЇХ НАЛАШТУВАННЯ

Лобода О.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38(0619) 425-797

**Анотація** - запропоновано методику налаштування адаптивного ПІД – регулятора з використанням елементної бази нечіткої логіки з подальшою симуляцією в програмі Matlab, що надає можливість скоротити час його налаштування і розширити потенціальні можливості адаптивного регулятора в процесі керування технологічним процесом.

**Ключові слова:** адаптивний, база правил, об'єкт керування, перехідна характеристика, ПІД-регулятор, симуляція.

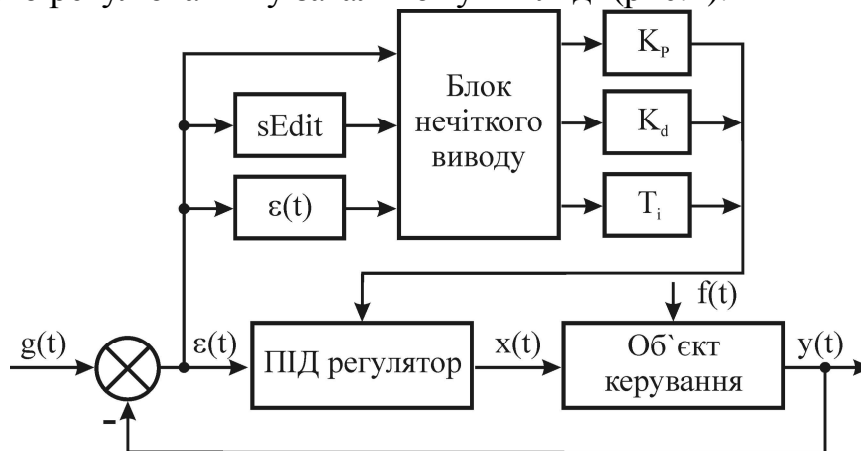
*Постановка проблеми.* При керуванні складними об'єктами, що функціонують в умовах не стаціонарних процесів, широке застосування знайшли адаптивні регулятори, які дозволяють розраховувати коефіцієнти налаштування і реалізувати складні закони регулювання. Адаптивні контролери зарубіжних і вітчизняних виробників: Кобра, МІКСТ, Реміконт, Протар, Овен, Сіменс, Мікрол та інші, як правило, реалізують метод Зіглера-Ніколса [1]. Слід зазначити, що даний метод засновано на виводі діючої системи з П – регулятором на межу стійкості і розрахунку за критичними періодами коливань і коефіцієнту передачі регулятора оптимальних параметрів налаштування ПІД регулятора з використанням для цього простих емпіричних формул. Але за умовами експлуатації, ряд технологічних процесів не допускають автоколивального режиму. Таким чином, задача знаходження оптимального методу адаптації залишається відкритою.

*Аналіз останніх досліджень.* Останнім часом широку популярність знаходять нечіткі моделі й алгоритми керування [2,3,5]. Відомо, що нечітке керування засновано на використанні не стільки аналітичних або теоретичних моделей, скільки на практичному застосуванні знань кваліфікованих фахівців, представлених у формі лінгвістичних баз правил. Нечітке керування ефективно у випадках недетермінованості параметрів об'єктів, коли існує певний досвід експертів з керування та налаштування автоматизованої системи регулювання. Теорія нечіткої логіки дає змогу використовувати знання наладчиків з метою

поліпшення процесів керування і надання допомоги (супервизорний режим автоматичної системи керування) налаштування типових регуляторів. Виходячи з вище сказаного, є актуальним завдання зі створення методу адаптації ПІД-регулятора, що реалізує досвід наладчиків.

*Формулювання цілей статті.* Розробка нечіткої бази правил для визначення оптимальних параметрів ПІД-регулятора, при його адаптації до об'єкту керування, та симуляція цих установок в матричній лабораторії Matlab.

*Основна частина.* Вирішення поставленої задачі поділяється на ряд стадій. Спочатку визначимо структуру адаптивної системи автоматичного регулювання у загальному вигляді (рис.1).



$\varepsilon(t)$  – помилка;  $g(t)$  – завдання;  $y(t)$  – вихідне значення;  $f(t)$  – обурення;  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $K_d$  – налаштування ПІД-регулятора.

Рис. 1. Структура адаптивного нечіткого керування

В подальшому в програмі Matlab (FLT) створимо блок нечіткого виводу або адаптер (рис.2).

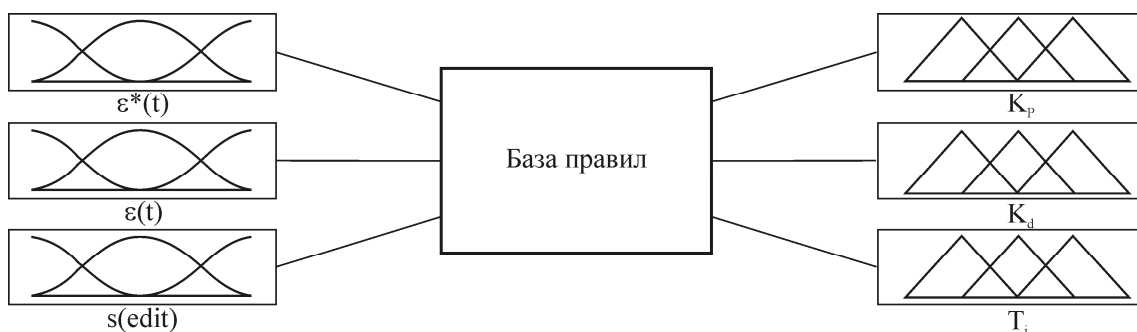


Рис. 2. Графічний інтерфейс редактора FIS

На третьому етапі проводиться фазифікація вхідних та вихідних лінгвістичних змінних. Фазифікація вхідних значень (помилки регулювання ( $\varepsilon(t)$ ), її інтеграла і похідної) проводиться відповідно до рекомендацій [4].



Функцію приналежності  $Z$  – вигляду, що представляє термін "негативна помилка "neg" можна представити у вигляді:  $f_z(x, -0.6, -0.1) = [1, x < -0.6; -0.1 - x / 0.5; 0, -0.1 < x]$ .

Функції приналежності лінгвістичних змінних "Ti" і "Kd" також відображаються  $Z$  і  $S$  – образними графічними видами програми. Слід зазначити, що Ti лежить в межах [0-5], а Kd = [0-15].

Виходячи з рекомендацій зі спеціалізованої літератури [5], а також досвіду експертів-налаштовувачів систем автоматизації, пропонуються наступні правила: "ЯКЩО помилка негативна" І "інтеграл помилки не великий" І "похідна помилки негативна" ТО "Кр великий", "Ti великий", "Kd великий" та інше.

Побудова правил нечіткої логіки дозволило провести комп'ютерне тестування нечіткої моделі адаптивного регулятора (рис. 4). У першому експерименті використовувалась автоматична система регулювання з ПІ-регулятором, функціонуючому по каналу завдання  $g(t) = 1$ , при впливі на об'єкт каналу збурення при цьому

$$W_{3B}(s) = \frac{2,5}{5s^2 + 3s + 1};$$
$$W_f(s) = \frac{0,5}{5s + 1}$$

Налаштування регулятора проводилось методом Зіглера-Ніколса. Значення параметрів дорівнюють  $K_p=1,25$ ;  $T_i=0,2$ ;  $K_d=10,5$ , а перехідний процес задовольняє основним показникам якості. У зв'язку з невизначеністю умов експлуатації об'єкта, і якщо провести зміну значень ключових параметрів:

$$W_{3B}(s) = \frac{2,5}{15s^2 + 1,5s + 1};$$
$$W_f(s) = \frac{4,0}{17s + 1}.$$

При відомих параметрах регулятора перехідний процес з новими значеннями передатних функцій має перерегулювання  $\sigma = 75\%$ , що неприпустимо (рис. 3).

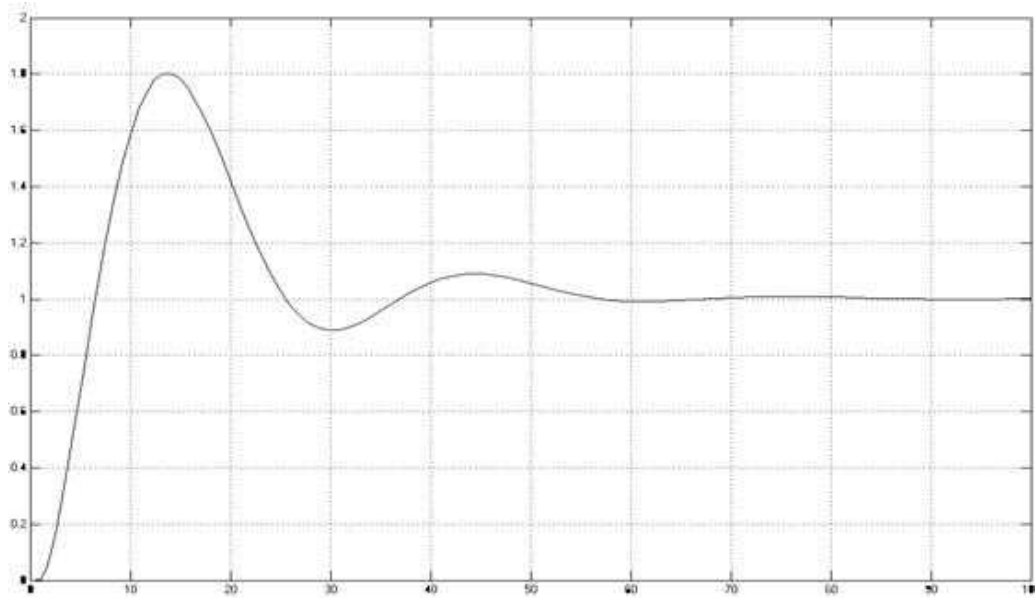


Рис. 3. Перехідний процес за каналом завдання

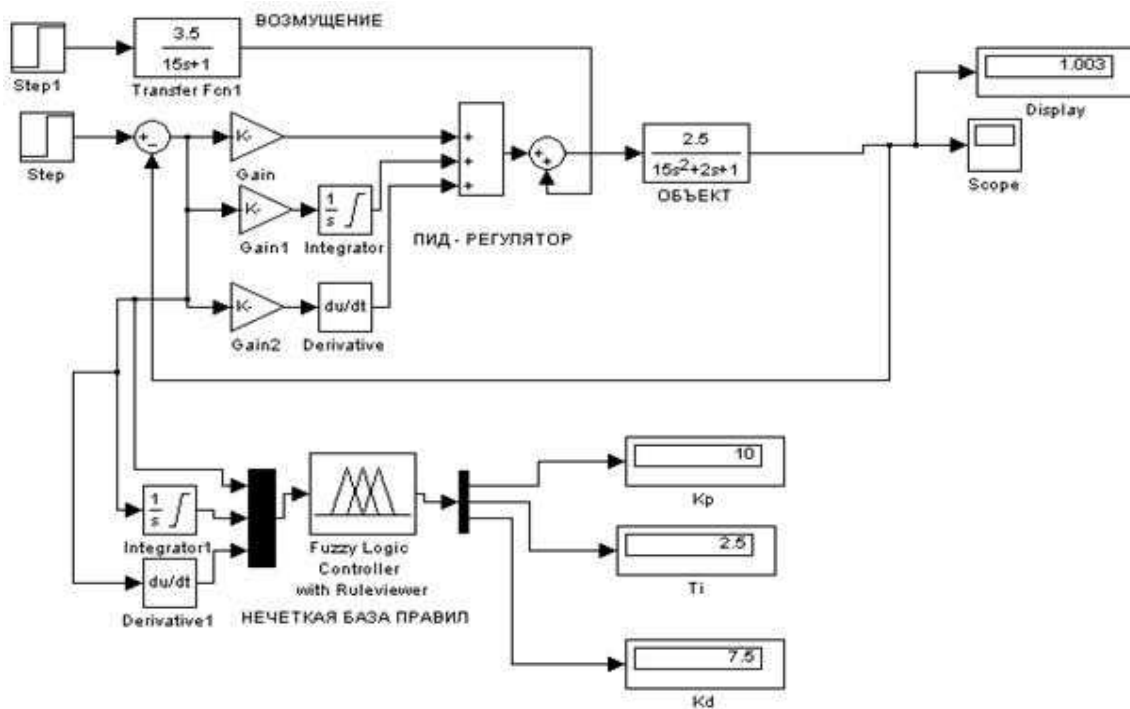


Рис. 4. Експериментальна схема, виконана в програмі Matlab(Simulink)

Таким чином, необхідна тимчасова зупинка складного технологічного процесу і переналаштування значень параметрів ПД-регулятора.

Зробимо перевірку нечіткого адаптера при відомих умовах (рис. 4). Нечітка система дозволила отримати значення коефіцієнтів:  $K_p=10$ ;  $T_i=2,7$ ;  $K_d=7,2$ , а перехідний процес регулювання при даних параметрах ПД-регулятора показаний на рис.5.

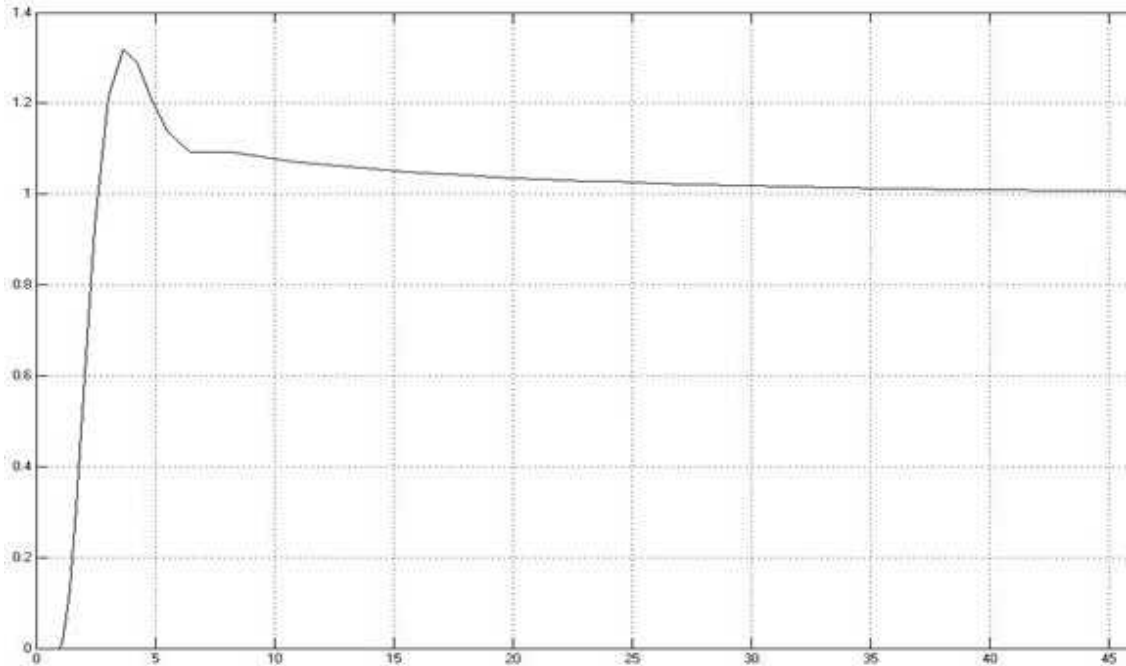


Рис. 5. Перехідний процес, отриманий при адаптивних налаштуваннях

Як видно з рис. 5, перерегулювання  $\sigma$  не більше 30%, що допустимо, а час регулювання  $T_p = 25$  секунд.

#### **Висновки.**

Використання лінгвістичних баз правил для нечітких адаптивних ПД-регуляторів дозволить ефективно керувати складними технологічними процесами без їх зупинень, а подальше введення нейрокомп'ютера може привести до розумної адаптації по визначенню оптимальних налаштувань без коригування бази правил.

#### **Список використаних джерел.**

1. Антонов В. Н. Адаптивное управление в технических системах: Учебное пособие / В. Н. Антонов, В. А. Терехов, И. Ю. Тюкин. – СПб.: Издательство С. – Петербургского университета, 2001. 244 с.
2. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова, В.М. Тютюнник. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 108 с.
3. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования / Г. Ф. Зайцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выцашк. Головное изд-во, 1989. – 431 с.
4. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. Учебник для вузов. / Н. Н. Иващенко - М.: Машиностроение, 1978. - 736 с.
5. Калитин Б. С. Качественная теория устойчивости движения динамических систем / Б.С. Калитин. - Мн.: БГУ, 2002. - 198 с.



6. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. / В.П. Дьяконов. - ДМК - Пресс, 2008. - 784 с.
7. Кочегурова Е.А. Особенности системы Matlab для решения задач вычислительной математики / Е.А. Кочегурова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 110 с.

## **НЕЧЕТКИЕ АДАПТИВНЫЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРЫ И МЕТОДИКА ИХ НАСТРОЙКИ**

Лобода А. И.

**Аннотация** – предложена методика настройки адаптивного ПИД – регулятора с использованием элементной базы нечеткой логики с последующей симуляцией в программе MatLab, что дает возможность сократить время его настройки и расширить потенциальные возможности адаптивного регулятора в процессе управления технологическим процессом.

## **FUZZY ADAPTIVE PID CONTROLLERS AND THE METHOD OF THEIR SETTINGS**

Loboda A.

### **Summary**

The proposed method of adaptive tuning of PID controller using fuzzy logic of the circuitry with subsequent simulation in MatLab program that provides the opportunity to reduce the time settings and expand the potential of adaptive control in process control the technological process.