

УДК 681.324

Д. О. Кроніковський, доц., канд.техн.наук, А. П. Ладанюк, проф., д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Необхідність та можливість підвищення якості системи автоматичного регулювання об'єктами агропромислового комплексу за рахунок використання адаптивних алгоритмів

Останнім часом досить популярним серед науковців є дослідження адаптивних методів, що мають в основі нечітку логіку або нейромережний апарат в поєднанні з класичними алгоритмами керування. Метою статті є розкриття необхідності та можливості підвищення якості системи автоматичного регулювання (САР) за використання адаптивних алгоритмів. Для ґрунтовного дослідження можливості використання адаптивних регуляторів, зокрема ПІД-нейро та ПІД-нечіткого, для технологічних об'єктів харчової промисловості було зроблено ряд експериментів. Адаптивні алгоритми були реалізовані в середовищі MatLab. Проведений експеримент засвідчує перевагу ПІД-нечіткого адаптивного алгоритму над неадаптивним за рахунок меншої динамічної похибки та часу виходу на завдання (часу регулювання). Проте, якщо розглядати його в порівнянні з ПІД-нейро алгоритмом, то відносні показники є гіршими. Задача створення адаптивних систем є досить актуальною, що об'єктивно пояснюється наведеними прикладами і необхідністю покращення ефективності функціонування технологічних об'єктів харчової промисловості.

адаптивне, керування, регулятор, алгоритм

Д. О. Крониковский, доц., канд. техн. наук, А. П. Ладанюк, проф., д-р техн. наук
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

Необходимость и возможность повышения качества САР объектами агропромышленного комплекса за счет использования адаптивных алгоритмов

В последнее время довольно популярным среди научных работников является исследование адаптивных методов, в основе которых лежит нечеткая логика или нейросетевой аппарат в объединении с классическими алгоритмами управления. Целью статьи является раскрытие необходимости и возможности повышения качества САР при использовании адаптивных алгоритмов. Для основательного исследования возможности использования адаптивных регуляторов, в частности ПИД-нейро и ПИД-нечеткого, для технологических объектов пищевой промышленности был сделан ряд экспериментов. Адаптивные алгоритмы были реализованы в среде Matlab. Проведенный эксперимент свидетельствует о преимуществе ПИД-нечеткого адаптивного алгоритма над неадаптивным за счет меньшей динамической погрешности и времени выхода на заданное значение (времени регулирования). Однако, если рассматривать его в сравнении с ПИД-нейро алгоритмом, то относительные показатели являются худшими. Задача создания адаптивных систем есть довольно актуальной, что объективно объясняется приведенными примерами и необходимостью улучшения эффективности функционирования технологических объектов пищевой промышленности.

адаптивное, управление, регулятор, алгоритм

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Останнім часом досить популярним серед науковців є дослідження адаптивних методів, що мають в основі нечітку логіку або нейромережний апарат в поєднанні з класичними алгоритмами керування складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу. В [1] приводяться результати реалізації схем нейроуправління на прикладі практичних задач. Однак ці результати наведені відокремлено, без порівняння з результатами,

отриманими за допомогою ПД- регулятора, що не дозволяє реально оцінити ефективність запропонованої схеми. У літературі описана множина спроб реалізувати подібну схему стосовно різних задач керування [2,3]. При цьому на пропоновані підходи накладається ряд обмежень, які багато в чому ускладнюють їх практичну реалізацію.

Ситуація, що склалася у цьому напрямі дослідження, підкреслює актуальність проблеми, вимагає поглибленого вивчення якісних сторін САР, які могли б бути корисними для практиків і науковців.

Метою статті є розкриття необхідності та можливості підвищення якості САР за використання адаптивних алгоритмів. Для досягнення поставленої мети проаналізовано ряд наукових робіт, що стосуються нейро та фаззі інструментів адаптації. У процесі підготовки статті авторами було використано діалектичний метод наукового дослідження.

Виклад основного матеріалу. Для виявлення переваг та недоліків адаптивних алгоритмів з автоналаштуванням параметрів регулятора було проведено ряд експериментів. Їх суть полягала у тому, що, як правило, налаштування регулятора проводиться один раз при запуску технологічного обладнання. Але до уваги не береться той факт, що об'єкт є не стаціонарним, а лише квазістаціонарним, тобто з плином часу, в залежності від об'єкту, його технологічні змінні зміщуються в певному напрямку. Об'єктивно, необхідним варіантом розв'язання цієї проблеми є використання адаптивних алгоритмів.

Розглянуто задачу корекції якості перехідного процесу шляхом динамічної зміни в певних межах параметрів ПД - регулятора. Для лінійного об'єкта n - порядку та ПД - регулятора з передатною функцією:

$$W_P(S) = K_1 + \frac{K_2}{p} + K_3 p \tag{1}$$

рівняння системи має вигляд:

$$\begin{aligned} a_n y^{(n)} + a_{n-1} y^{(n-1)} + \dots + a_1 y' + a_0 y &= \\ = K_1(u - y) + K_2 \int (u - y) dt + K_3 (u - y)' \end{aligned} \tag{2}$$

Для зручності представлення введено змінну:

$$x_1 = \int_0^t (u - y) dt \tag{3}$$

та подано рівняння управління у векторній формі:

$$\dot{X} = AX + Bu. \tag{4}$$

Для матриці A й елементів вектора B маємо наступні співвідношення:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & 1 & 0 \\ -\frac{K_2}{a_n} & -\frac{a_0 + K_1}{a_n} & -\frac{a_1 + K_3}{a_n} & -\frac{a_2}{a_n} & \dots & -\frac{a_{n-2}}{a_n} & -\frac{a_{n-1}}{a_n} \end{pmatrix}; \tag{5}$$

$$b_1 = 1; \quad b_2 = b_3 = \dots = b_{n-1} = 0; \quad b_n = -\frac{K_3}{a_n}; \quad b_{n+1} = \frac{a_{n-1}K_3 - a_nK_1}{a_n^2}. \tag{6}$$

Розраховано, що параметри ПД - регулятора в процесі керування можна змінювати в певних інтервалах:

$$K_i^{\min} \leq K_i \leq K_i^{\max}, i = \overline{1,3} \quad (7)$$

Нехай при $u = u(t)$ й деяких припустимих значеннях параметрів K_i система може бути переведена зі стану $X(t_0) = X^0$ в заданий стан $X(t_1) = X^1$. Ставиться задача переведення системи зі стану X^0 в стан X^1 за мінімальний час $t_1 - t_0$ шляхом динамічної зміни параметрів K_i . Відповідно до принципу максимуму вводимо шукану систему:

$$\dot{\Psi} = -A^* \Psi \quad (8)$$

Параметри K_i визначили з умови максимуму функції за параметрами K_i :

$$H(\Psi, X, K_1, K_2, K_3) = (AX + Bu, \Psi) \quad (9)$$

Отримано задачу максимізації функції за K_i :

$$H_1(\Psi, X, K_1, K_2, K_3) = b_n \Psi_n u - \frac{1}{a_n} (K_2 x_1 + K_1 x_2 + K_3 x_3) \Psi_{n+1} + b_{n+1} \Psi_{n+1} u. \quad (10)$$

Однак, для режиму переведення керованої системи з однієї точки статичної рівноваги X^0 в іншу точку статичної рівноваги X^1 при східчастій зміні U моменти перемикань керуючих параметрів залишаються фіксованими для даної системи і можуть бути розраховані заздалегідь [4,5].

Запропонований метод корекції перехідного процесу гарантовано дасть позитивні результати, проте його реалізація можлива за допомогою оптимальної програми перемикань.

Для ґрунтовного дослідження можливості використання адаптивних регуляторів, зокрема ПІД-нейро та ПІД-нечіткого, для технологічних об'єктів харчової промисловості було зроблено ряд експериментів. Адаптивні алгоритми були реалізовані в середовищі MatLab. Структурна схема реалізації ПІД-нейро адаптивного алгоритму наведена на рис.1.

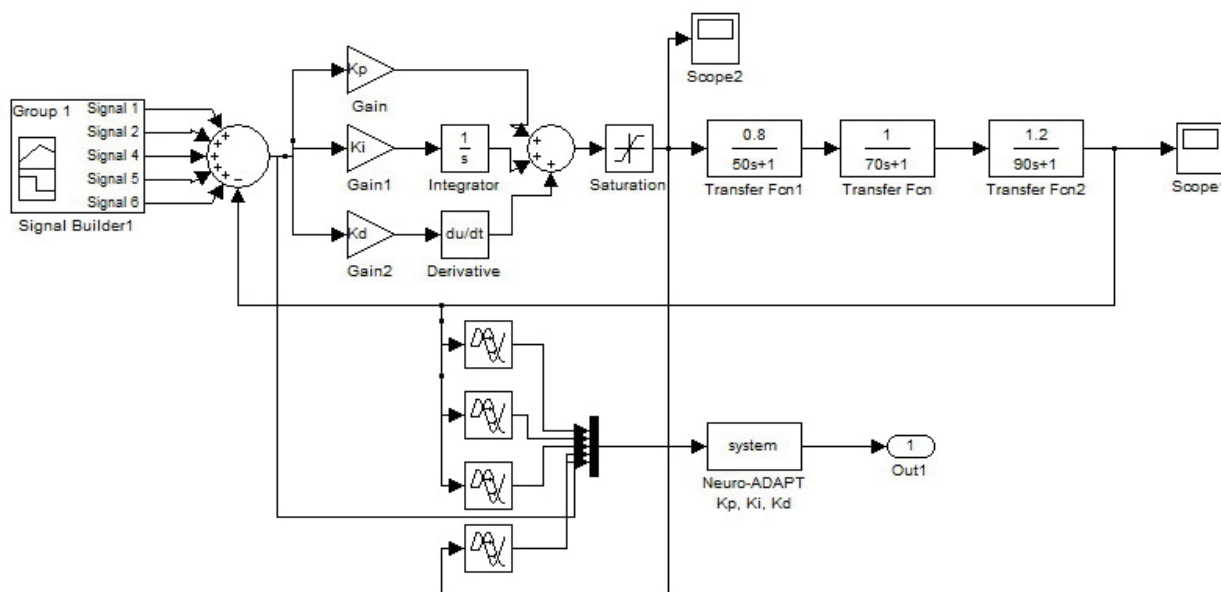


Рисунок 1 – Структурна схема САР з адаптивним ПІД-алгоритмом на основі нейромережної корекції параметрів регулятора

Спочатку для кожного з експериментів створювалася ненавчена нейромережа. Вона мала тришарову структуру. Після ряду експериментів було розроблено ряд рекомендацій для впровадження нейро-адаптивного алгоритму, зокрема: необхідність початкового налаштування регулятора;

необхідність роботи нейроалгоритму, в залежності від постійної часу об'єкту (в межах 100-10000Т) в режимі моніторингу для формування бази знань;

Для наочності експерименту в якості завдання на вхід регулятора подавався сигнал зміни завдання за часом. Порівняльною базою було обрано один і той же об'єкт (жомосушарка цукрового заводу), проте змінні передаточної функції були змінені на 4% від початкових. Це відповідає можливим відхиленням, що присутні в технологічних об'єктах харчової промисловості згідно статистичних даних. Отримані результати наведені на рис.2.

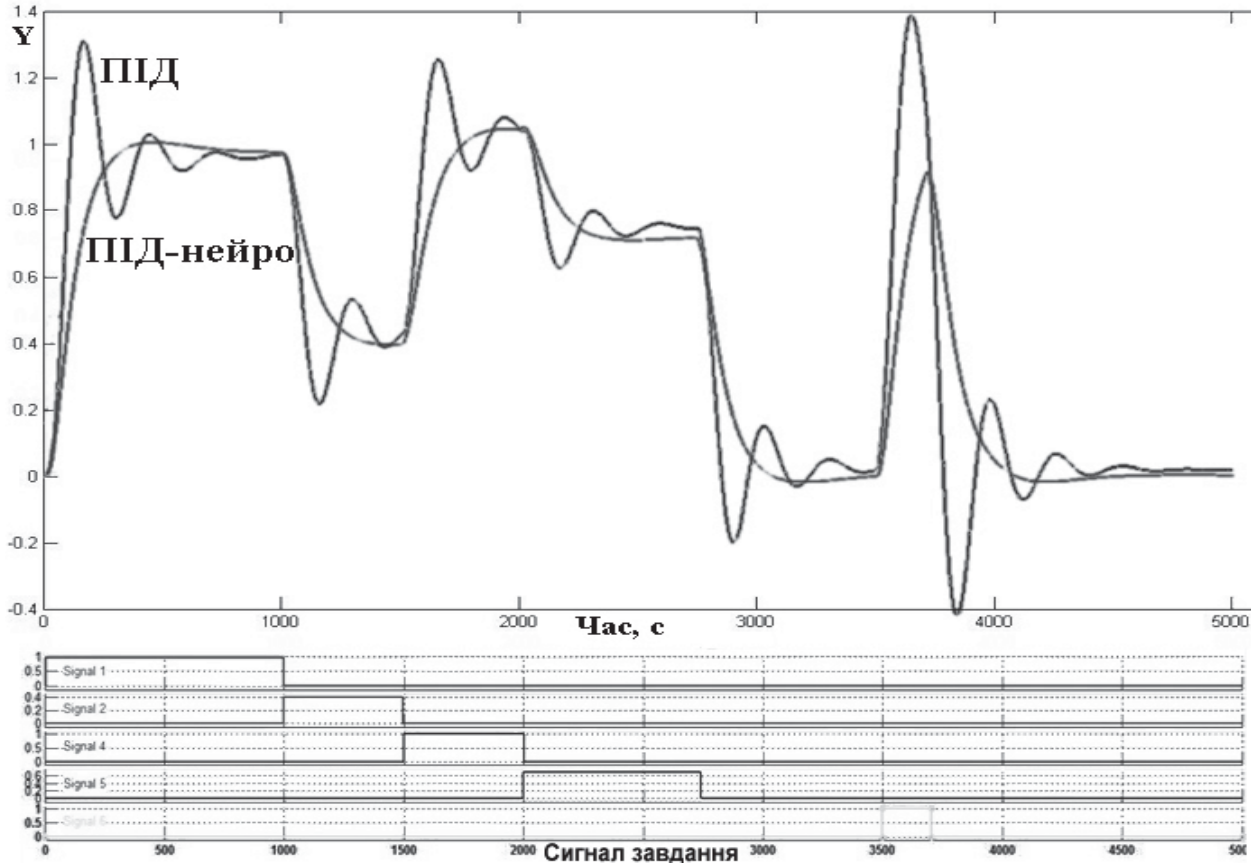


Рисунок 2 – Перехідні процеси за зміни завдання для ПІД-нейро та ПІД регулятора

Очевидно, що всі вищеперераховані фактори вплинули на якісні характеристики функціонування системи автоматизації, віддаливши її від оптимального режиму. У випадку використання ПІД-нейроадаптивного алгоритму отримано кращі характеристики, що свідчить як про технологічну ефективність, так і про економію енергоресурсів.

Значна перевага простежується для ПІД-нейро регулятора як за швидкодією, так і за величиною динамічної похибки. В свою чергу, недоліками є: необхідність реалізації зв'язку між контролером та програмним забезпеченням нейромережі; складність початкового налаштування.

Для системного підходу до дослідження адаптивних алгоритмів було також проведено аналогічні експерименти для ПІД-нечіткого(ПІД-fuzzy) адаптивного алгоритму. Структура ПІД-fuzzy алгоритму наведена на рис.3. За порівняльний базис було взято ПІД-алгоритм без адаптації.

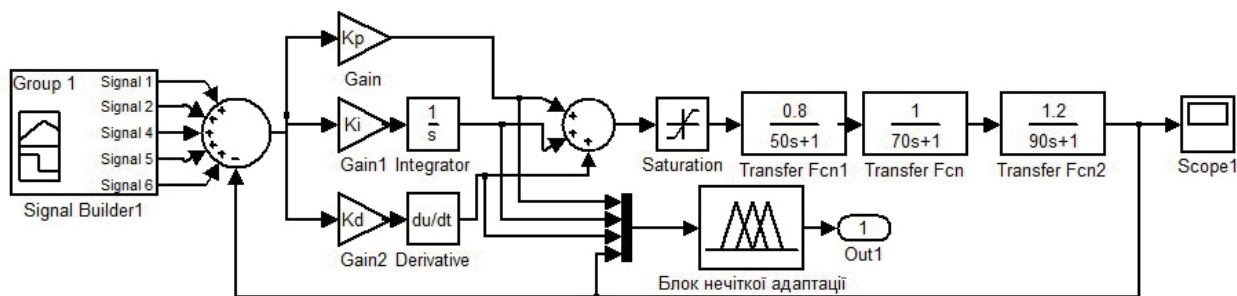


Рисунок 3 – Структурна схема САР з адаптивним ПІД-алгоритмом на основі нечіткої корекції параметрів регулятора

Заповнення бази знань, а також вибір термів було проведено згідно методики, що є класичною та висвітленою в багатьох наукових працях [6]. Отримані перехідні процеси наведено на рис.4.

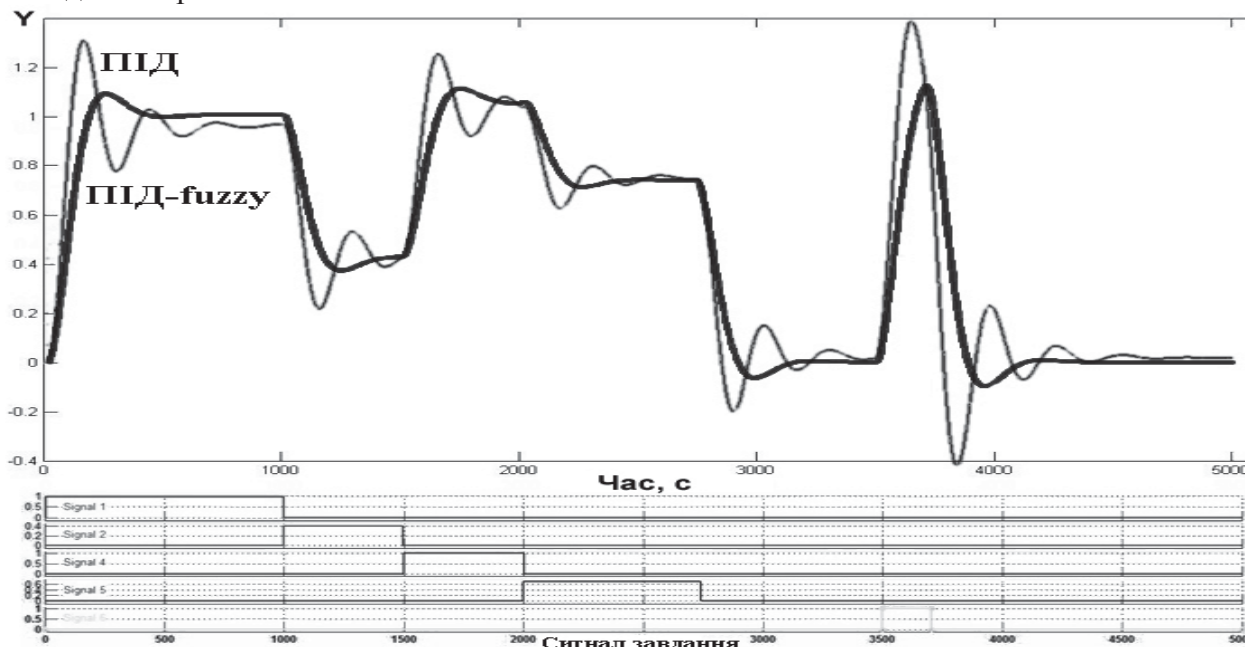


Рисунок 4 – Перехідні процеси за зміни завдання для ПІД-fuzzy та ПІД- регулятора

Проведений експеримент засвідчує перевагу ПІД-fuzzy адаптивного алгоритму за рахунок меншої динамічної похибки та часу виходу на завдання (часу регулювання). Проте, якщо розглядати його в порівнянні з ПІД-нейро алгоритмом, то відносні показники є гіршими. До переваг ПІД-fuzzy адаптивного алгоритму варто віднести кращі якісні характеристики порівняно з неадаптивними алгоритмами, а до недоліків – необхідність використання зовнішнього програмного забезпечення для створення та функціонування системи автоматизації.

Висновки. Задача створення адаптивних систем є досить актуальною, що об’єктивно пояснюється наведеними прикладами і необхідністю покращення ефективності функціонування технологічних об’єктів харчової промисловості. Алгоритм адаптації в першу чергу націлений на зміну параметрів регулятора, а як відомо, зміна параметрів при русі до оптимального критерію може призвести до втрати стійкості. Виходом з цієї ситуації є використання алгоритму, який би перед зміною параметрів регулятора перевіряв на моделі системи її стійкість з новими параметрами. Цей алгоритм не обов’язково має бути прописаний в самому контролері. Доцільно передбачити його функціонування безпосередньо на ПК, оскільки він значно може обтяжити процесор

контролера. Цей крок може сповільнити зміну параметрів регулятора на час виконання алгоритму оцінки запасу стійкості системи з новими параметрами, що необхідні для адаптивного керування, проте, враховуючи можливості сучасного комп'ютерного забезпечення, ця затримка буде незначною.

Таким чином алгоритм адаптації доповниться оцінкою запасу стійкості, що забезпечить уникнення аварійної ситуації в майбутньому і удосконалив систему автоматизації в цілому.

Список літератури

1. Omatu S. Neuro-Control and its Applications / S. Omatu, M. Khalid, R. Yusof. - London: Springer, 1995. - 235p.
2. Chen J. Applying neural networks to on-line updated PID controllers for nonlinear process control / J. Chen, T. Huang // Journal of Process Control. №14. 2004. - p. 41-49.
3. Shu H., Pi V. PID-neural networks for time-delay systems / H. Shu, V. Pi // Computers and Chemical Engineering. №24. 2000. - p. 2-17
4. Александров В.М. Оптимальные процессы в линейных измерительных системах / В.М.Александров, А.А.Нестеров // Автометрия, 1965.- № 2.- с. 11-20.
5. Александров В.М. Применение оптимального управления для улучшения характеристик аналоговых измерительных приборов/ В.М.Александров, А.А. Нестеров // Автометрия 1967.- № 6.- С.119-122.
6. Васильев В.И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика / В.И. Васильев, Б.Г.Ильясов.-М.: Радиотехника,- 2009.- 392с.

Dmytro Kronikovskiy, Anatolij Ladanyuk

National University of Food Technologies

Necessities and possibilities of improving the quality fo SAR by using adaptive algorithms

Recently, quite popular among scientists is investigation of adaptive methods that are based on fuzzy logic and neuro apparatus combined with classical control algorithms. The aim of the article is checking the necessity and possibility of improving the quality of automatic control system (ACS) by using adaptive algorithms. The experiments confirms superiority in -fuzzy adaptive algorithm of nonadaptive due to less dynamic error and control time. However, when viewed in comparison with neuro - PID algorithm , the ratios are worse. Problem of creating adaptive systems is quite relevant that objectively explained above examples and needs to improve the efficiency of the food industry technological objects. The proposed method of correction of transient guaranteed to give positive results, but its implementation using the optimal switching applications sensitive to even small changes in the parameters of the object and the action of disturbances.

Algorithm adaptation is primarily aimed at changing the parameters of the regulator, and is known to change settings while driving to the optimal criterion can lead to loss of stability. This algorithm does not need to be in the controller. It is expedient to provide for its operation directly on your PC, because it can significantly burden the processor controller. Thus adaptation algorithm complemented evaluation of stability that will ensure the avoidance of an emergency situation in the future and improve the automation system as a whole.

adaptive, management, control, algorithm, fuzzy rules

Одержано 29.09.10