

## ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ

Д.О. Кроніковський

---

### RESEARCH OF USING DYNAMIC CONTROLLER FOR SAVING ENERGY AND RAISING WORKING SPEED.

D. Kronikovskiy.

*In this article we research the performance of the dynamic controller, which is time adjacent of combination of two control algorithms. We have done comparative analysis of quality of control systems with this and other controllers. Have been made recommendations for creating adapting system include dynamic controller.*

**Keywords:** dynamic control, speed, quality control criteria.

---

**Вступ.** Системам з динамічним вибором алгоритмів керування в останній час приділяється достатня увага зі сторони таких науковців, як Лубенцов В.Ф., Масютіна Г.В. та ін [1]. До динамічних регуляторів відносяться регулятори, які за певною умовою змінюють алгоритм керування. Зупинимо увагу на порівнянні трьох регуляторів: релейного, ПІДД2Д3-регулятора та динамічного, зокрема на питанні швидкодії систем з даними регуляторами. Такий підхід має значну практичну користь, адже сучасні системи вимагають як високої якості, так і економії енергоресурсів.

**Постановка проблеми.** Вимоги до якості управління для складних систем постійно зростають. Це зумовило розвиток в останні роки методу динамічної зміни алгоритмів управління в САУ [2]. Проте аналіз проводився лише для ланок корекції, що не розкривало потенціал даного методу. Необхідно обґрунтувати переваги та доцільність використання динамічних регуляторів. Саме ця проблематика буде ключовою в даній статті.

**Методи дослідження.** У процесі підготовки статті авторами було використано діалектичний метод наукового дослідження. Для наочного вираження отриманих результатів було використано моделювання реального технологічного об'єкта харчової промисловості з використанням порівняльного аналізу.

**Результати та обговорення.** Відомо, що для отримання максимальної швидкодії системи управління при наявності обмежень управління повинне бути нелінійним, а саме - релейним. Однак за допомогою релейного управління неможливо усунути відоме протиріччя між швидкістю і коливальністю, забезпечити необхідні показники якості управління і необхідний запас стійкості. Зазначене протиріччя можна вирішити, якщо змінювати алгоритми управління в ході перехідного процесу так, щоб у першій його частині управління визначалося тільки за умовою забезпечення вимоги до швидкодії, а потім змінювалася, виходячи з вимог до якісних характеристик управління: стійкості, коливальності і т.д. Така зміна управління в ході перехідного процесу означає перехід від одного алгоритму управління до іншого. Важливим фактором в даному випадку виступає умова переходу. Для системного підходу до даного питання необхідно оцінити специфіку роботи об'єкта управління.

Якщо ж зробити узагальнення, то найрозповсюдженішим фактором переходу в системі «швидкодія – якість управління» є момент досягнення заданого значення. Для

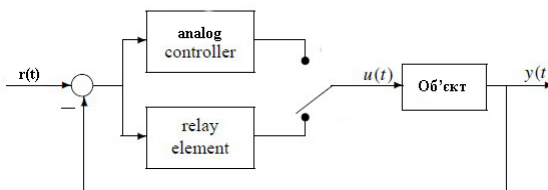
повного аналізу необхідно розглянути три типи для промисловості ситуації при управлінні технологічним об'єктом, що наведені в таблиці.

**Таблиця**  
**Типові ситуації та необхідні дії при управлінні ТО**

№	Режим роботи	Опис	Необхідні дії
1	Пуск	Відбувається пуск об'єкта після ремонту, зупинки і т.д.	Максимально швидке виведення об'єкта в «робочу зону» та забезпечення якісних показників функціонування з врахуванням обмежень (механічних, технологічних та ін.)
2	Зупинка	Відбувається раптове припинення функціонування в зв'язку з закінченням роботи, аварією і т.д.	Максимально швидке виведення об'єкта в «нульову зону».
3	Зміна уставки	Програмне чи ручне переведення в об'єкта в новий стан функціонування.	Максимально швидке виведення об'єкта в нову «робочу зону» та забезпечення якісних показників функціонування.

Аналізуючи хронологічну послідовність дій в наведених в таблиці ситуаціях, одразу видно чітку послідовність швидкодії та забезпечення якісних характеристик, тому пропонується використовувати комбінацію алгоритмів управління. Найкраще з задачею максимальної швидкодії, тобто першої частини алгоритму впорається релейний регулятор. Щодо другої частини, забезпечення якісних характеристик, то тут неможливо знайти загальний підхід, а слід керуватися наявними знаннями про специфіку функціонування об'єкта управління та наявних вимог щодо якості управління. Адже не існує загальної методики вибору оптимально управління для всіх об'єктів, і на практиці при синтезі доводиться вдаватися до методу моделювання, використовуючи літературні рекомендації по використанню окремих прийомів і методів оптимізації.

Для наочності проведеного дослідження було змодельовано функціонування одного об'єкта з різними варіантами побудови системи автоматизації: з релейним регулятором, з аналоговим регулятором і з динамічним регулятором – комбінацією релейного та аналогового. Принцип переходу одного алгоритму до іншого було реалізовано за продукційним правилом в системі MatLab. Досягнуті в розробці мікропроцесорної техніки та програмному забезпеченні управління успіхи дозволяють реалізовувати закони управління у вигляді програмних процедур, що виконуються контролером безпосередньо в процесі управління об'єктом, тому роблять можливим реалізацію системи з динамічним вибором алгоритму управління (рис.1.)



**Рис.1. Структурна схема динамічного регулятора**

Умовами переходу є процуційні правила типу "якщо..., то...". Умова переходу між алгоритмами полягає в умовах(1,2):

$$X_{пот} < X_{уст} \rightarrow \text{релейний алгоритм} \quad (1)$$

$$X_{пот} \geq X_{уст} \rightarrow \text{аналоговий алгоритм} \quad (2)$$

де  $X_{пот}$  – поточне значення регульованої величини,  $X_{уст}$  – значення уставки.

Дана умова (1,2) прописана для всіх режимів роботи за умови збільшення значення уставки. Аналогічно прописується зворотній варіант.

Як модель було взято жомосушильну установку цукрового заводу, а саме контур регулювання температури сушильного агента. Для наочності збільшення швидкодії було використано порівняння з найбільш швидким з аналогових регуляторів багатопараметричним ПДД2ДЗ-регулятором. Отримані результати перехідних характеристик зображені на рис.2.

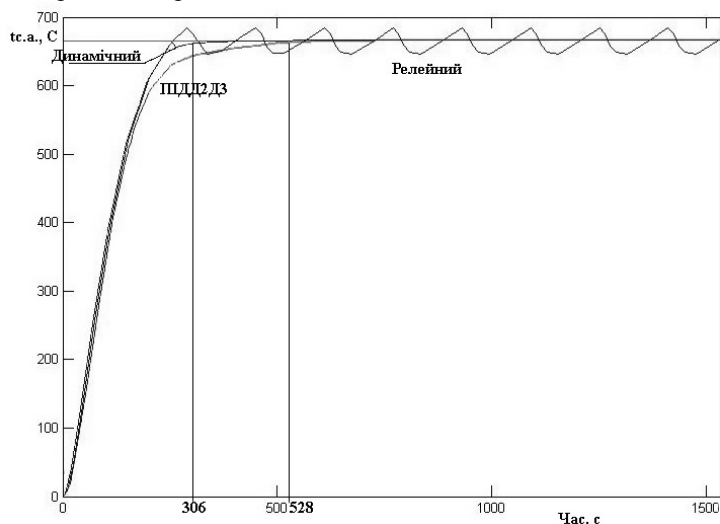


Рис.2. Графік перехідних процесів з різними регуляторами

Як видно з рис.2 релейний регулятор має найбільшу швидкодію, проте йому іманентна коливальність, що присутня завдяки наявній зоні нечутливості. Аналоговий регулятор представлений ПДД2ДЗ-алгоритмом керування має значно більший час регулювання. Якщо ж розглянути динамічний алгоритм, тобто суміжну в часі комбінацію двох попередніх, то відмічається аналогічна релейному алгоритму швидкодія та кращі якісні характеристики регулювання.

В реаліях виробництва з плином часу характеристики об'єкта змінюються за рахунок зносу, пошкодження, утворення виробничого нальоту чи накипу і т.д. Якщо не вносити зміни в систему управління таким об'єктом, то його робота буде віддалятися від оптимальної. Як наслідок буде відбуватися погіршення якості вихідної продукції, збільшення енергозатрат, а, отже, зменшення конкурентоздатності.

Нехай при відомій структурі основного контуру системи з керуванням обрані модель, закони управління, при яких є обмеження, що задовольняють узагальнену вимогу: не виходу регульованої величини за межі деякої області. В умовах нестационарності та невизначеності, коли точні значення параметрів об'єкта управління змінні з часом, можливі траєкторії рухів за область, обмежену допустимими кривими перехідних процесів. Для уникнення даної ситуації прийнято використовувати адаптивні системи. Завдання адаптації полягає у пошуку та забезпеченні параметрів та структури обраного закону управління перехідного процесу в системі, що має забезпечити необхідні показники якості. Для вирішення поставленого завдання вибору і забезпечення раціонального управління необхідно мати математичну модель об'єкта управління, за якою можуть бути визначені параметри алгоритмів, що входять до

динамічного регулятора, а також обґрунтувати умови продуційного перемикавання між алгоритмами. Існує велика кількість варіантів реалізації адаптації в управлінні, проте в розрізі використання динамічного регулювання варто зупинитися на критеріях. Вище було з'ясовано, що перший алгоритм динамічного регулятора має на меті забезпечити максимальну швидкодію. Проте не завжди на практиці можливо реалізувати релейний алгоритм. Це зумовлено специфікою технологічного об'єкта, продукту чи виконавчих механізмів. В такому випадку доцільно використовувати як першу складову алгоритму управління багатопараметричні регулятори, наприклад ПДДД2ДЗ. Дані регулятори мають високу швидкодію та забезпечують необхідні показники якості керування. Відповідно для першої частини адаптивного алгоритму доцільно використовувати критерій(3):

$$J = \min_{u \in U} \int_0^T L dt \quad (3)$$

Для другої частини, яка покликана забезпечити підтримання якісних характеристик управління, необхідно використовувати критерій, виходячи з наявних вимог та обмежень, враховуючи специфіку роботи системи, тобто можна досягти квазіоптимальних перехідних процесів - оптимальних за одним з показників якості роботи систем автоматичного управління: швидкодії, величині перерегулювання, згасання, колювання і т.д. З врахуванням системного підходу можливо створити глобальний критерій, який буде включати загальну оцінку всіх показників якості з урахуванням ваги кожного(4):

$$J = \alpha_1 J_1 + \dots + \alpha_n J_n, \quad (4)$$

де  $\alpha_1 \dots \alpha_n$  -- вагові коефіцієнти, при чому:  $\alpha_1 + \dots + \alpha_n = 1$  - умова незміщеності.

Крім дії внутрішніх і зовнішніх факторів на функціонування всіх реальних технологічних процесів та їх систем управління, вони супроводжується впливом природних, промислових або інших збурень. Природа цих збурень як правило, різна. Але поєднує їх те, що всі вони являють собою некеровані вхідні сигнали та здатні викликати невизначені реакції, що приведуть до небажаних проявів у поведженні систем автоматизації. Тому в залежності від природи та характеру даних збурень доцільно в майбутньому створити динамічне перемикавання алгоритмів на засадах робастного чи інваріантного управління.

**ВИСНОВКИ.** Наведений в статті динамічний регулятор, що являє суміжну в часі комбінацію двох алгоритмів регулювання, забезпечує аналогічну релейному алгоритму швидкодію та необхідні якісні характеристики регулювання. Даний регулятор доцільно використовувати на об'єктах, де часто відбувається зміна завдання чи процедури пуску та зупинки. Завдяки перевагам даного регулятора можна підвищити якість управління, насаперед час регулювання, тим самим скоротити енергозатрати.

#### **Література.**

1. Лубенцов В.Ф. Алгоритмическое и программное обеспечение систем автоматизации/ Лубенцов В.Ф., Масютина Г.В.//Автоматизация в промышленности. - №4. - 2011.
2. Xue, Dingy, Chen, Yang Quan, and Atherton, Derek P.Linear Feedback Control: Analysis and Design with MATLAB// Society for Industrial and Applied Mathematics.-Philadelphia .-2010

#### **Авторська довідка.**

Кроніковський Дмитро Олегович, Національний університет харчових технологій, аспірант, extrmdim@ukr.net

Надійшла до редакції 16.05.2012  
Надійшла після рецензування 17.05.2012