

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ АВТОМАТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Герасименко Т.М., Ладанюк А.П

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Герасименко Т.М., Ладанюк А.П.

FEATURES OF THE USE SPECIAL AUTOMATIC REGULATORS FOR NONSTATIONARY TECHNOLOGICAL OBJECTS

Gerasymenko T., Ladanyuk A.

Проаналізовано властивості технологічних об'єктів, які відносяться до класу нестационарних. Створено спеціальні структури та використано спеціальні регулятори для забезпечення необхідної якості процесів керування.

Ключові слова: нестационарні об'єкти, ПІД-регулятор, спеціальні регулятори.

Проанализированы свойства технологических объектов, которые относятся к классу нестационарных. Созданы специальные структуры и использованы специальные регуляторы для обеспечения необходимого качества процессов управления.

Ключевые слова: нестационарные объекты, ПИД-регулятор, специальные регуляторы.

The analysis of technological properties of objects that belong to a class of non-stationary. A special structure and special controls used to ensure consistent quality control processes.

Keywords: variable objects, PID controller, special controllers.

Вступ

Сучасний рівень розвитку теорії і техніки управління характеризується неухильним підвищенням розмаїтності та складності керованих об'єктів : багатовимірність, багатозв'язність, нелінійність, нестационарність, стохастичність, але невизначеність найчастіше виявляється на першому місці, тому що складність задачі надає брак інформації про неї. До таких завдань можна віднести: завдання управління безперервними технологічними процесами; енергетичними комплексами; рухомими об'єктами (літальними апаратами , судами ,транспортними і маніпуляційними роботами); завдання

виникають в системних дослідженнях (управління розвитком міських і регіональних систем, розподіл водних і енергетичних ресурсів).

Технологічні процеси(ТП) характеризуються нестаціонарністю параметрів, що пов'язано зі змінними властивостями вихідної сировини, а також нестабільністю роботи і зносом технологічного обладнання, тому підхід до управління технологічними процесами, як стаціонарними об'єктами малоефективний. Нестационарність ТП значно ускладнює аналіз і синтез систем управління такого роду об'єктами, оскільки теорія для стаціонарних в часі систем управління не може бути застосована в даному випадку. Одним з напрямів підвищення ефективності управління нестаціонарними об'єктами є застосування спеціальних регуляторів.

Постановка задачі дослідження

В технічній літературі описано значну кількість спеціальних регуляторів, до яких можна віднести [1-3]. До спеціальних регуляторів можна віднести такі, які відрізняються від типових ПІ-, ПІД регуляторів, а саме: адаптивні, робастні, на базі нечіткої логіки, з використанням штучних нейронних мереж тощо.

Актуальною проблемою є адаптивне управління технологічними процесами з нестаціонарними параметрами і синтез адаптивних прогнозуючих моделей, що забезпечують локально-оптимальне та енергозбережне управління.

Типовим є випадок, коли відсутній точний математичний опис об'єкта або відбувається зміна його параметрів невідомим чином в широких межах, тобто багато об'єктів управління характеризуються неповнотою апріорної та поточної інформації щодо їх характеристик і впливів зовнішнього середовища, що істотно впливає на якість управління і його результати. Проблема управління динамічними об'єктами в умовах невизначеності є центральною проблемою сучасної теорії управління. Застосування адаптивних методів націлено на усунення невизначеності, пов'язаної з незнанням структури і параметрів моделі об'єкта. Адаптивні методи потребують постійного оновлення інформації в процесі функціонування об'єкту. Робастні методи орієнтовані на забезпечення грубості автоматичної системи регулювання у наперед визначеному інтервалі зміни параметрів об'єктів.

Передбачається, що спеціальні регулятори доцільно використовувати там, де в складних технологічних об'єктах одночасно протікають тепло-, масообмінні, гідродинамічні процеси, а також хімічні реакції та перетворення.

Методи та результати дослідження

Методи дослідження: теорія адаптивних систем з еталонними моделями (АСЕМ); теорія чутливості систем, що дозволила синтезувати методи настроювання параметрів регулятора; теорія робастного керування; імітаційне моделювання, що підтвердило ефективність отриманих результатів.

Динаміка багатьох технологічних об'єктів може апроксимуватись або подаватись у вигляді послідовно з'єднаних аперіодичних ланок та ланки запізнення. На рис.1 подана відповідна схема. Задамо межі, в яких будуть змінюватись параметри об'єкта:

$K_i [0.7 \ 1.2]$ - коефіцієнт підсилення, $i = \overline{1,3}$;

$T_i [15 \ 100]$ - постійна часу об'єкта, $i = \overline{1,3}$.

Поставлена задача вирішується в програмному середовищі Simulink MatLab, який дозволяє, моделюючи роботу адаптивних регуляторів, отримати якісні та кількісні характеристики. Для порівняння спеціальних регуляторів обрані наступні регулятори : адаптивний регулятор з еталонною моделлю, регулятор з властивостями робастності, класичний ПД- регулятор. Було розраховано настройки для ПД регулятора, де $K_{рег}=2$; $K_i=0.016$; $K_d=10$.

Досліджуємо АСР з ПД регулятором: динамічна похибка(A_1) =0.3;
перерегулювання (α) =33%; ступінь затухання (ψ) =0.83.

Значення інтегрального квадратичного критерію = $7667(c*од)^2$

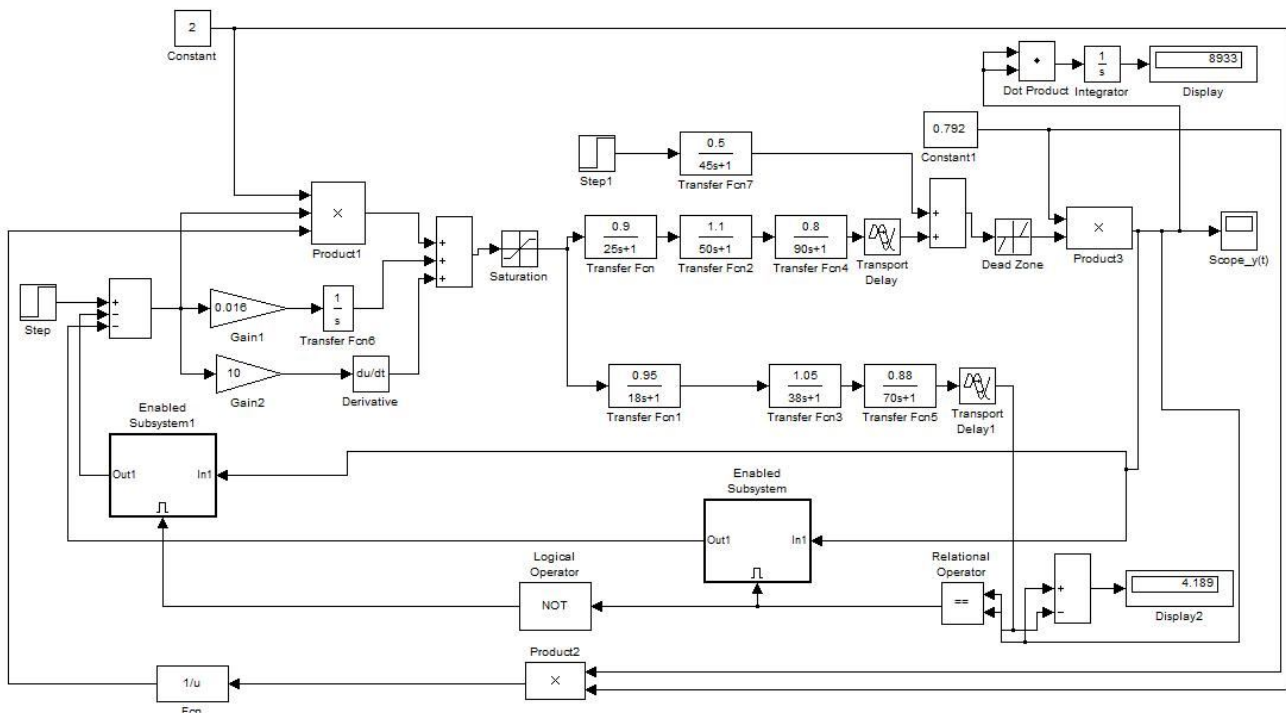


Рис.1 Структурна схема адаптивної АСР з нелінійним нестаціонарним об'єктом

X

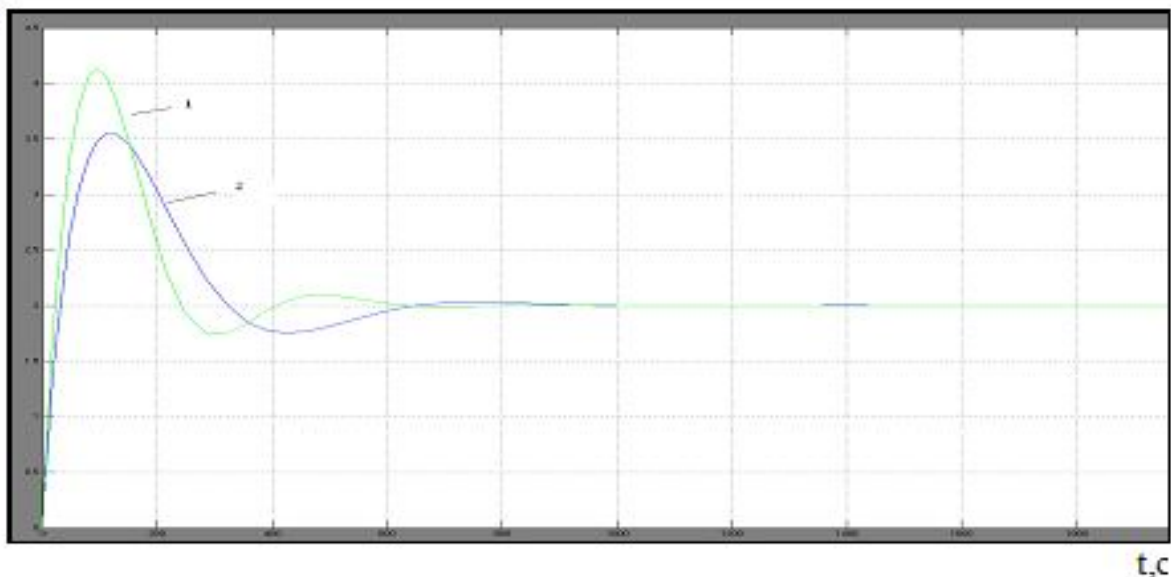


Рис.2. Порівняльні графіки перехідних процесів: 1 - ПД регулятор, 2 – адаптивний регулятор

Відповідно $I_1 = 9426 (\text{с*од})^2$; $I_2 = 9140 (\text{с*од})^2$

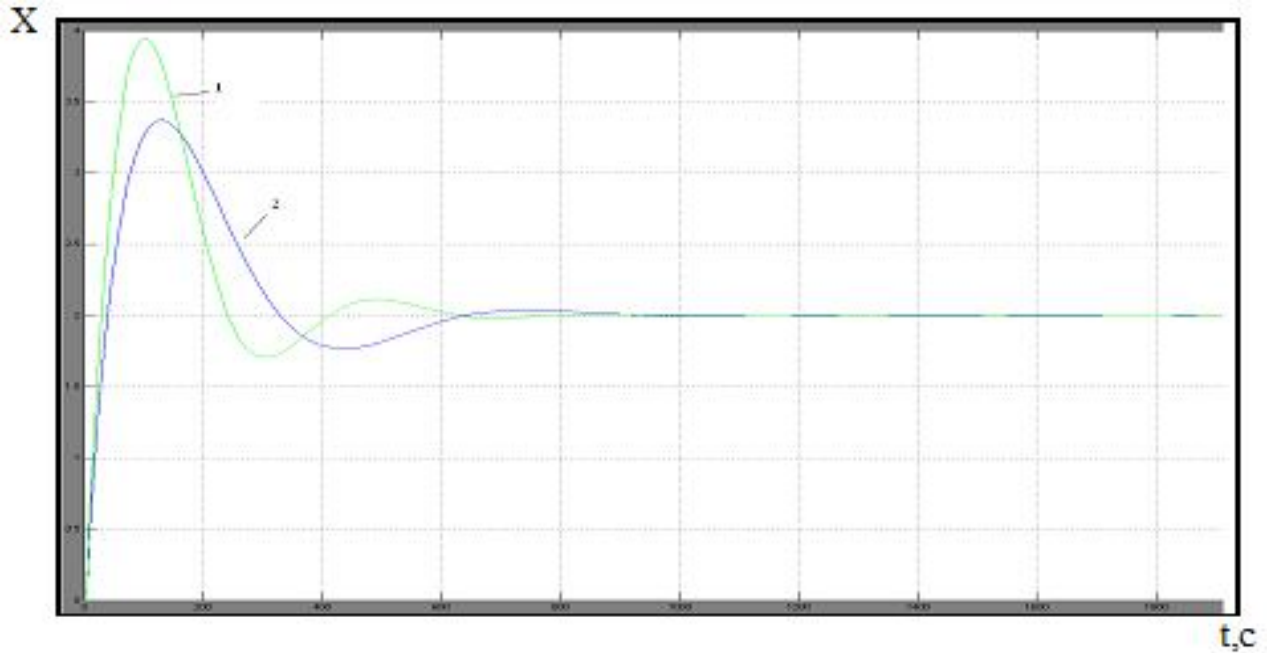


Рис.3. Порівняльні графіки перехідних процесів при нелінійному об'єкті з запізненням

Значення інтегрального квадратичного критерію при ПІД-регулюванні (1) $= 9212(\text{с*од})^2$ та при адаптивному регулюванні (2) $= 8934(\text{с*од})^2$.

Розглянемо ще один вид спеціальних регуляторів, а саме робастні. Необхідно розрахувати параметри настройки ПІД регулятора на основі умов робастного управління. В роботі [4] для розрахунку цих параметрів використовують наступні формули::

$$K_p = \Phi_R(\eta) + m_{\Pi} \Phi_1(\eta);$$

$$T_{\Pi} = \frac{\Phi_R(\eta) + m_{\Pi} \Phi_1(\eta)}{F_R(\eta) + \eta \Phi_R(\eta) + m_{\Pi} \eta \Phi_1(\eta) - \frac{1}{2} \Phi_1(\eta) \eta (m_{\Pi} - \frac{1}{m_{\Pi}})}; \quad (1)$$

$$T_D = \frac{m_{\Pi} \Phi_1(\eta)}{2\eta[\Phi_R(\eta) + m_{\Pi} \Phi_1(\eta)]}; \quad \frac{\eta}{m_{\Pi}} \Phi_R(\eta) = F_1(\eta);$$

$$\Phi_R(\eta) = -\text{Re} \left\{ \frac{d}{ds} \left[\frac{s}{W_{o\delta}(s)} \right] \right\}_{s=-\eta+i(\eta/m_{\Pi})}; \quad \Phi_1(\eta) = -\text{Im} \left\{ \frac{d}{ds} \left[\frac{s}{W_{o\delta}(s)} \right] \right\}_{s=-\eta+i(\eta/m_{\Pi})}$$

В результаті числового вирішення рівнянь 1 отримаємо наступні настройки регулятора : $\eta = 0,2692 \text{с}^{-1}$, $K_p=0.86$, $K_i=0.04$, $K_d=1.01$.

Змінюючи постійну часу об'єкта прослідкуємо як буде виконувати регулювання регулятор з робастними настройками та порівняємо його з роботою адаптивного регулятора за тих же умов (Табл.1.1).

Таблиця 1

Залежність інтегрально-квадратичного критерію від постійної часу об'єкта

$T_{об}, c$	$I, (c \cdot од.)^2$ (ПД-регулятор з робастними настройками)	$I, (c \cdot од.)^2$ (адаптивний регулятор)
15	8499	8778
25	8708	8815
30	8993	8834
35	9929	8855
40	12220	8876
41	12860	8881

Проілюструємо цю табличну залежність в графічному вигляді:

Залежність інтегрально-квадратичного критерію від постійної часу об'єкта

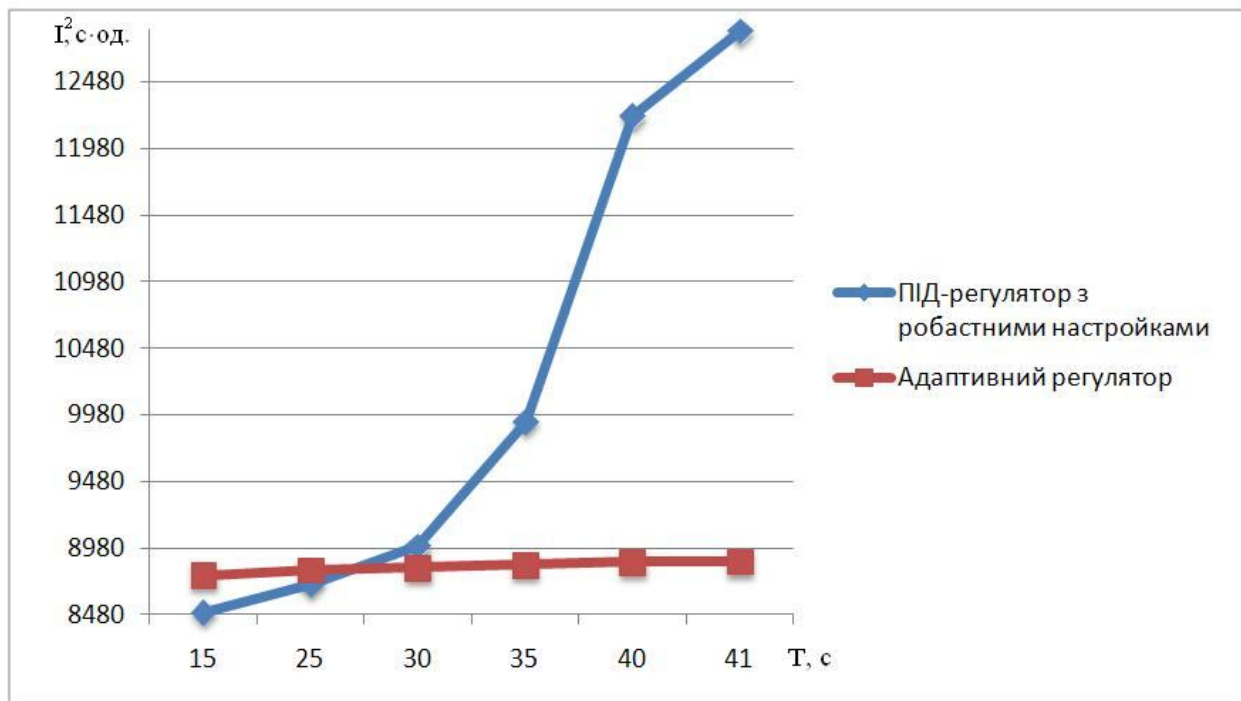


Рис.4. Залежність інтегрально-квадратичного критерію від постійної часу об'єкта

Висновок

При мінімально можливих значеннях $T_{об}$ поставленої задачі краще для регулювання використовувати робастне регулювання, а при збільшенні T (в даному випадку після $T=35$) доцільно використовувати адаптивне регулювання, так як при $T_{об}=41$ регулювання ПД-регулятором з робастними властивостями стає недоцільним, бо система втрачає стійкість.

Література

1. Шубладзе А.М. Управление объектами с переменными параметрами импульсными автоматически настраивающимися регуляторами[Текст] /А.М.Шубладзе,С.В.Гуляев//Журн. приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2003. – №5. – С.27 – 29.
2. Шубладзе А.М. Сравнение качественных показателей работы адаптивного регулятора с кусочно-непрерывным выходным сигналом с работой ПИД регулятора при управлении электропечами[Текст] / А.М. Шубладзе, С.В. Гуляев//Журн. промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – №08. – С.19 – 23.
3. Смирнов Н.И.Робастные многопараметрические регуляторы для объектов с транспортным запаздыванием[Текст] /Н.И.Смирнов//Журн. промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – №07. – С.31 – 36.
- 4.Солдатов В.В. Робастное управление линейными стационарными системами на основе оптимального соотношения между составляющими хаоса и порядка[Текст] /В.В.Солдатов,Н.Г.Агабекян//Журн. приборы и системы. Управление,контроль,діагностика. – 2005. – №06. – С.11 – 13.