

УДК 681.5.015

Ганна Крих, к.т.н., доцент, Галина Матіко, к.т.н., доцент, Антін Дмитришин
Національний університет “Львівська політехніка”

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ’ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ В ЗАМКНУТІЙ СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

В роботі розглянутий один з методів ідентифікації об’єкта регулювання за перехідною функцією замкнутої системи автоматичного регулювання з пропорційним регулятором. Ключові слова: ідентифікація, об’єкт регулювання, адекватність моделі.

Hanna Krykh, Halyna Matiko, Antin Dmytryshyn IDENTIFYING THE REGULATION OBJECT IN CLOSED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

A method of identifying the regulation object using step response of closed automatic control system with proportional controller is considered in the paper.

Keywords: identification, regulation object, model adequacy.

Для знаходження динамічної моделі технологічного об’єкта, обладнаного системою автоматичного регулювання (САР), широкого поширення набули експериментальні методи ідентифікації об’єкта регулювання (ОР), в яких до САР подають зовнішні дії на вхід заданого значення регулятора [1]. Ці методи еквівалентні експериментальним методам знаходження моделей за кривими розгону, імпульсними перехідними характеристиками, частотними характеристиками об’єкта регулювання, і мають переваги, зокрема зручність формування стрибкоподібного, імпульсного або синусоїдного детермінованих сигналів, а в деяких процесах зміна (стрибкоподібна, імпульсна) заданого значення параметра є вимогою технологічного регламенту.

В технологічних процесах різних галузей найчастіше застосовують одноконтурні САР (температури, тиску, концентрації тощо) з ПІ- та ПІД-регуляторами, для розрахунку яких звичайно застосовують лінійні моделі ОР із зосередженими параметрами. Адекватна модель ОР дає змогу знайти оптимальні налаштування регулятора і забезпечує необхідні динамічні властивості САР [1].

Задача побудови моделі ОР за перехідною характеристикою замкнутої САР полягає у знаходженні структури та параметрів моделі, застосування якої забезпечує однакову реакцію досліджуваної САР та моделі САР на одиничну стрибкоподібну зміну заданого значення регульованої величини [2]. Зазвичай критерієм якості моделі є середньоквадратичне відхилення експериментальних значень $x_e(t_i)$ від розрахованих значень $x_{CAP}(t_i)$ перехідної характеристики САР зі знайденою моделлю ОР:

$$\sigma_{CAP} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{CAP}(t_i) - x_e(t_i))^2 \right)^{0.5}. \quad (1)$$

Властивість одноконтурних САР з ПІ- та ПІД-регуляторами полягає у підтриманні регульованої величини на заданому значенні незалежно від діючих на об’єкт збурень. Така властивість є необхідною і корисною для процесів регулювання, проте для вирішення поставленої задачі знаходження моделі об’єкта регулювання із самовирівнюванням за перехідною характеристикою САР, саме ця властивість унеможливорює точну оцінку коефіцієнта передачі ОР. Результати моделювання, проведені в роботі [2], це підтверджують.

Загальною вимогою до формування експериментальних значень перехідної

характеристики САР є стан рівноваги системи, а також стабілізація збурень, що діють на ОР. Для підвищення точності побудови моделі ОР із самовирівнюванням в замкнутій САР запропоновану таку методику: 1) під час ідентифікації ОР вимикають І- та Д- складову регулятора; 2) знімають експериментальну перехідну характеристику САР з П-регулятором, змінюючи задане значення регульованої величини; 3) статичний коефіцієнт передачі ОР визначають за формулою

$$k = \frac{1 - \Delta_{cm}}{k_p \Delta_{cm}}, \quad (2)$$

де k_p – параметр налаштування пропорційної складової регулятора; Δ_{cm} – статична похибка регулювання; 4) на основі апріорної інформації вибирають структуру та порядок моделі ОР; 5) визначають параметри моделі, що характеризують динамічні властивості ОР; 6) розраховують вибраний критерій якості; 7) змінюють структуру, порядок моделі і знову розраховують параметри моделі ОР. Адекватною вважають модель, що забезпечить найменше значення критерію якості.

На основі цієї методики розроблений пакет програм для параметричної ідентифікації об'єктів з різною структурою та порядком моделі. Ці програми реалізовані в комп'ютерному середовищі Matlab.

Для прикладу розглянемо результати ідентифікації об'єкта регулювання за заданими значеннями перехідної функції САР, отримані шляхом структурного моделювання системи з функцією передачі об'єкта $W_{OP}(p) = \frac{1,54}{(18p+1)^4}$ та П-регулятором з коефіцієнтом передачі $k_p = 0,9621$.

Для дослідження були вибрані моделі ОР у вигляді трьох і чотирьох послідовно з'єднаних аперіодичних ланок, відповідно

$$W_{OP}(p) = \frac{k}{(Tp+1)^3} \quad (3)$$

та

$$W_{OP}(p) = \frac{k}{(Tp+1)^4}. \quad (4)$$

За розробленими програмами знаходження параметрів моделей спочатку розраховують коефіцієнт передачі k кожної з досліджуваних моделей за формулою (2), а потім – сталу часу T в результаті вирішення оптимізаційної задачі, критерієм оптимальності в якій є σ_{CAP} . Результати ідентифікації з вибраними моделями зведені у таблиці 1, в якій наведені значення знайдених параметрів моделей, значення σ_{CAP} , а також середньоквадратичне відхилення σ_{OP} перехідних функцій ОР, розрахованих за знайденою моделлю $x_{OP}(t)$ ОР та дійсною перехідною функцією $x_D(t)$ ОР

$$\sigma_{OP} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{OP}(t_i) - x_D(t_i))^2 \right)^{0.5}.$$

Для порівняння в таблиці 1 також наведені результати ідентифікації ОР за перехідною функцією САР з ПІД-регулятором з функцією передачі $W_{PID}(p) = 0,9621 + \frac{0,0182}{p} + 8p$.

Таблиця 1. Результати ідентифікації ОР

Перехідна функція САР	Задана модель ОР	Параметри моделі ОР	$\sigma_{\text{САР}}$	$\sigma_{\text{ОР}}$
з П- регулятором	$W_{\text{ОР}}(p) = \frac{k}{(Tp + 1)^3}$	k=1,5368 T=24,5942	0,0327	0,0283
з ПІД-регулятором		k=1,7879 T=27,6907	0,0456	0,1841
з П-регулятором	$W_{\text{ОР}}(p) = \frac{k}{(Tp + 1)^4}$	k=1,5368 T=18,1008	0,0156	0,0046
з ПІД-регулятором		k=1,5580 T=19,4358	0,0238	0,0343

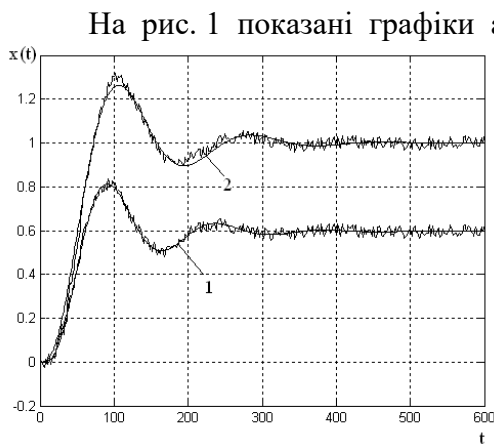


Рис. 1. Перехідні функції САР: 1) з П-регулятором ; 2) з ПІД-регулятором

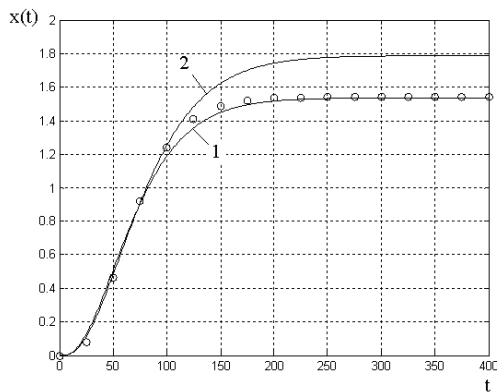


Рис. 2. Перехідні функції ОР з моделлю (3), отримані за перехідними функціями: 1) САР з П-регулятором; 2) САР з ПІД-регулятором; 3) заданої моделі ('o')

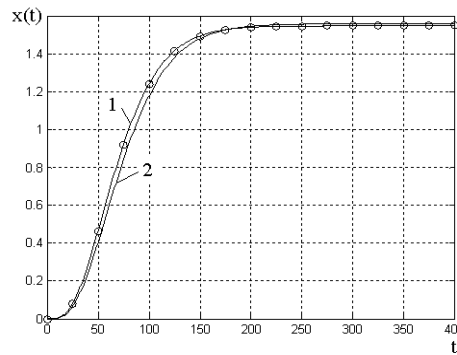


Рис. 3. Перехідні функції ОР з моделлю (4), отримані за перехідними функціями: 1) САР з П-регулятором; 2) САР з ПІД-регулятором; 3) заданої моделі ('o')

На рис. 1 показані графіки апроксимації заданих перехідних функцій з П- та ПІД-регуляторами із застосуванням моделі ОР (4), на рис. 2 показані перехідні функції ОР з моделлю (3), розраховані з перехідних функцій САР з П- та ПІД-регуляторами, а на рис. 3 – перехідні функції ОР з моделлю (4). З наведених даних видно, що найкращу якість має модель ОР $W_{\text{ОР}}(p) = \frac{1,5368}{(18,1008p + 1)^4}$, для якої $\sigma_{\text{САР}}=0,0156$, $\sigma_{\text{ОР}}=0,0046$, що підтверджує доцільність запропонованої методики ідентифікації ОР за перехідною функцією САР з П-регулятором.

Література

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.:Изд-во МЭИ, 2008. – 396с.
2. Крих Г.Б., Матіко Г.Ф. Знаходження динамічної моделі об'єкта регулювання за перехідними функціями САР. Матеріали ПМНТК «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами», 25.11.2015 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2015. – с. 51-53. – Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/51adaed39c2a2/files/konf2.pdf>.