

АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

М.В. Ананьєв

Аспірант

Кафедра обладнання хімічних підприємств

Технологічний інститут

Східноукраїнського національного

університету ім. В. Даля

пр. Радянський, 59а, м. Северодонецьк,

Україна, 93400

Контактний тел.: 099-063-43-13

E-mail: misho-86@mail.ru

Проведено аналіз залежності ефективності алгоритму ідентифікації об'єктів керування від способів вибору початкових даних: рівномірним розподілом точок на кривій розгону та за характерними точками. Досліджено залежність похибки апроксимації від кількості обраних точок на кривій розгону

Ключові слова: апроксимація, нелінійний метод найменших квадратів, рівномірний розподіл точок, похідні

Проведен анализ зависимости эффективности алгоритма идентификации объектов управления от способов выбора исходных данных: равномерным распределением точек на кривой разгона и по характерным точкам. Исследована зависимость погрешности аппроксимации от количества выбранных точек на кривой разгона

Ключевые слова: аппроксимация, нелинейный метод наименьших квадратов, равномерное распределение точек, производные

Вступ

У зв'язку з нинішнім станом економіки України, зростання вартості основної, необхідної для роботи підприємств України сировини (газ, нафта та інші), гостро стоїть питання зменшення собівартості виробленої продукції, щоб вона мала конкурентну здатність на світовому ринку. А для цього необхідно більш ефективно використовувати сировину, енергоресурсів і т.д., тобто необхідно провести оптимізацію технологічних процесів. На більшості підприємствах проведена технічна модернізація, в тому числі і систем управління, але, як виявляється і цього не достатньо, так як основний пристрій в АСК, регулятор, саме який формує керуючий сигнал з метою отримання необхідної точності і якості ПП, неправильно налаштований. Як показує аналіз літературних джерел, таких регуляторів, що використовуються в промисловості біля 30%. Але перш ніж знаходити настройки регулятора необхідно визначити передаточну функцію об'єкта керування (ОК), а для цього треба провести ідентифікацію ОК [1,2,3].

При ідентифікації будь-якого перехідного процесу (ПП) за кривою розгону (КР) еквівалентного ОК (ЕОК), із застосуванням нелінійного метода найменших квадратів (НМК), перед розробником постає питання, як, де і скільки треба взяти точки на КР ЕОК, щоби ідентифікувати його з достатнім ступенем точності диференціальним рівнянням другого порядку [4,5,6,7].

Мета роботи – порівняльний аналіз способів вибору початкових даних (СВПД) для алгоритму ідентифікації: РРТ та за характерними точками (ХТ).

Апроксимації об'єктів керування

В роботі [5] запропоновано для апроксимації перехідної характеристики об'єкта керування (ОК) ПП ланки другого порядку використовувати РРТ. Досліджено залежність точності апроксимації від кількості

точок на кривій ПП, що обираються шляхом РРТ. Результати досліджень показали, що для апроксимації перехідної функції еквівалентного об'єкта керування (ЕОК) будь-якого типу з похибкою (максимальне відхилення кривої, що апроксимується та ПП ланки другого порядку δ_{\max}) не більш 3%, достатньо розбити КР на 15 рівних частин за віссю часу, між початком і кінцем КР (вихід КР на стає значення) та взяти 15 точок на КР. Однак такий підхід не враховує усіх особливостей ОК, а відповідно, не в змозі забезпечити максимальної точності апроксимації.

В роботі [6] запропоновано для апроксимації перехідної характеристики ОК ПП ланки другого порядку використовувати ХТ, що є глобальними екстремумами похідних від вихідного сигналу за часом. Результати досліджень показали, що для апроксимації перехідної функції ЕОК будь-якого типу достатньо взяти ХТ перших двох похідних, які обираються виходячи з того, що кожна похідна буде мати максимум два глобальних екстремуми, тобто по дві ХТ, а також точки: початок і кінець КР. При цьому похибка апроксимації δ_{\max} не перевищує 3%. Подальше збільшення кількості ХТ при використанні третьої та четвертої похідних на похибку апроксимації практично не впливає. Перевагою запропонованого алгоритму є те, що, по-перше, координати характерних точок визначаються однозначно; по-друге, вони можуть бути визначені як у процесі зняття характеристики так і після.

Проведемо порівняльний аналіз СВПД на прикладах ПП різного типу з використанням ХТ та РРТ.

Порівняльний аналіз

Розглянемо апроксимацію КР аперіодичних ОК на прикладах КР продувної колони (рис. 1,а) і газового реактора (рис.1, б) у виробництві азотної кислоти, та КР коливальних ОК на прикладах КР газової турбіни ГТТ-3-М (рис. 2,а) і парової турбіни (рис. 2,б) у виробництві азотної кислоти.

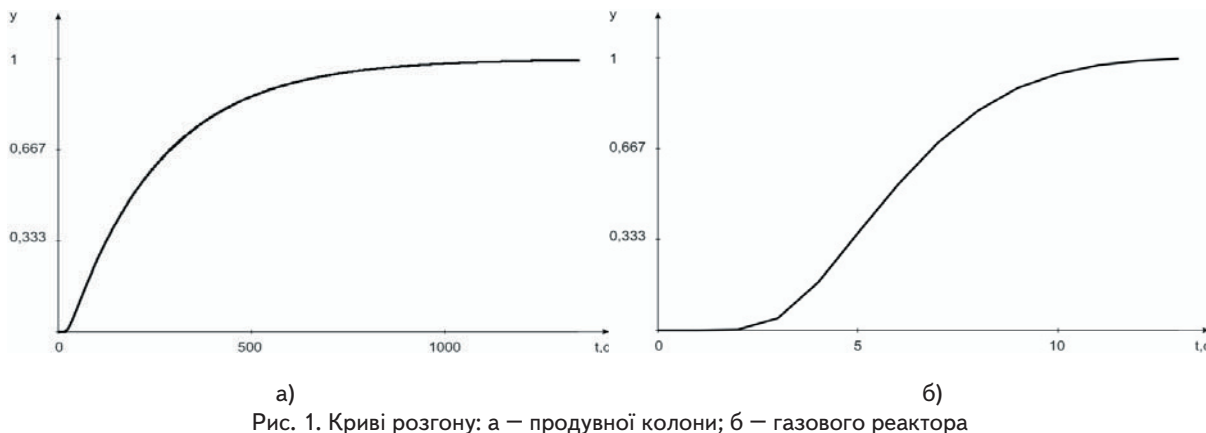


Рис. 1. Криві розгону: а – продувної колони; б – газового реактора

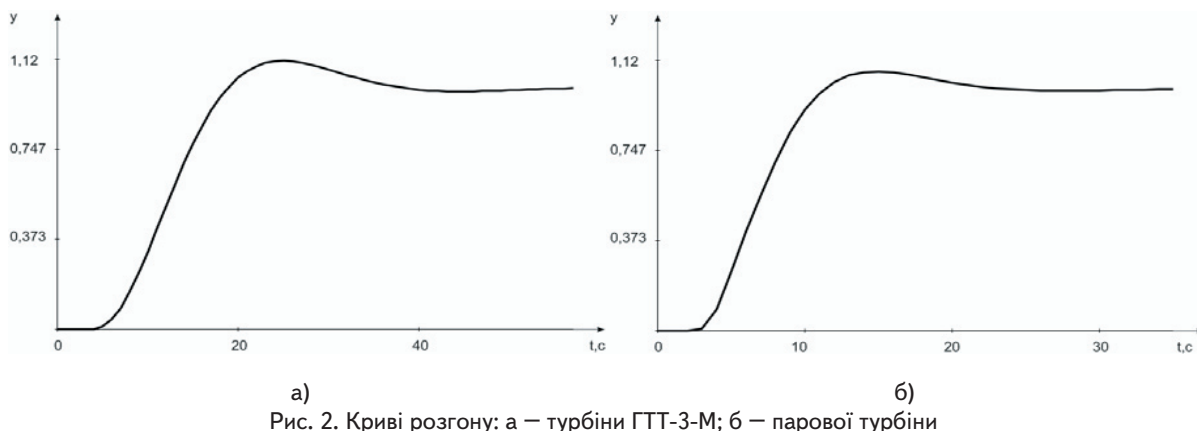


Рис. 2. Криві розгону: а – турбіни GTT-3-M; б – парової турбіни

Для апроксимації КР ЕОК (рис. 1, 2) відповідним ПП ланки другого порядку з часом запізнення, слід визначити невідомі параметри перехідної функції (ПФ) (K_p – коефіцієнт передачі, визначається за КР і для даних КР дорівнює 1, постійні часу T_1 , T_2 і час запізнення τ). Знайдені значення цих параметрів і похибок апроксимації (максимальне відхилення між кривими δ_{max} та середньоквадратичне відхилення σ) в залежності від кількості точок N наведено в табл. 1-4: ПП продувної колони наведено в табл. 1, ПП газового

реактора – в табл. 2, ПП турбіни GTT-3-M – в табл. 3, ПП парової турбіни – в табл. 4.

Дослідження проводилися з застосуванням математичного пакету «MathCAD» [7].

В табл. 1-4 кількість точок для СВПД з використанням РРТ було обрано стільки, скільки і для СВПД з використанням ХТ, і ще було обрано 1000 точок, щоб показати, що не має сенсу брати багато точок, так як зі збільшенням точок похибка апроксимації δ_{max} суттєво не змінюється.

Таблиця 1

Значення параметрів і похибок апроксимації в залежності від кількості точок для ПП продувної колони

Алгоритм	Похідна	Кількість точок N	Параметри ПФ ланки другого порядку			Похибки апроксимації	
			T_1	T_2	τ, c	$\delta_{max}, \%$	σ
ХТ	1	4	11,305	237,424	61,248	0,034	$1,720 \cdot 10^{-4}$
	1,2	6	11,498	237,475	61,072	0,010	$1,246 \cdot 10^{-4}$
	1,2,3	8	11,537	237,444	61,041	$7,292 \cdot 10^{-3}$	$6,080 \cdot 10^{-5}$
	1,2,3,4	10	11,596	237,397	60,993	$3,795 \cdot 10^{-3}$	$3,749 \cdot 10^{-5}$
РРТ	Без похідної	4	12,531	237,415	60,003	0,156	$6,341 \cdot 10^{-4}$
		6	11,441	237,415	61,150	0,023	$8,754 \cdot 10^{-5}$
		8	11,329	237,415	61,269	0,041	$1,600 \cdot 10^{-4}$
		10	11,322	237,415	61,275	0,042	$1,640 \cdot 10^{-4}$
	
		1000	11,577	237,415	61,008	$4,379 \cdot 10^{-3}$	$5,418 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 2

Значення параметрів і похибок апроксимації в залежності від кількості точок для ПП газового реактора

Алгоритм	Похідна	Кількість точок N	Параметри ПФ ланки другого порядку			Похибки апроксимації	
			T ₁	T ₂	τ, с	δ _{max} , %	σ
ХТ	1	4	1,233	1,241	3,443	10,958	0,165
	1,2	6	1,818	1,818	2,615	2,957	0,059
	1,2,3	8	1,815	1,815	2,622	2,938	0,058
	1,2,3,4	10	1,815	1,815	2,622	2,938	0,058
РРТ	Без похідної	4	1,149	1,156	4,093	21,699	0,234
		6	1,827	1,827	2,536	3,248	0,064
		8	1,700	1,700	2,811	4,153	0,055
		10	1,748	1,747	2,716	3,298	0,054
	
		1000	1,734	1,734	2,751	3,616	0,054

Таблиця 3

Значення параметрів і похибок апроксимації в залежності від кількості точок для ПП турбіни ГТТ-3-М

Алгоритм	Похідна	Кількість точок N	Параметри ПФ ланки другого порядку			Похибки апроксимації	
			T ₁	T ₂	τ, с	δ _{max} , %	σ
ХТ	1	4	5,829	5,180	4,961	2,291	0,023
	1,2	6	6,187	5,371	4,625	1,158	0,015
	1,2,3	8	6,195	5,376	4,614	1,130	0,015
	1,2,3,4	10	6,195	5,376	4,614	1,130	0,015
РРТ	Без похідної	4	5,750	5,155	5,401	4,969	0,052
		6	5,931	5,190	4,942	2,223	0,018
		8	6,107	5,327	4,671	1,273	0,013
		10	6,146	5,371	4,610	1,116	0,014
	
		1000	6,078	5,317	4,727	1,452	0,013

Таблиця 4

Значення параметрів і похибок апроксимації в залежності від кількості точок для ПП парової турбіни

Алгоритм	Похідна	Кількість точок N	Параметри ПФ ланки другого порядку			Похибки апроксимації	
			T ₁	T ₂	τ, с	δ _{max} , %	σ
ХТ	1	4	3,910	3,049	2,417	2,118	0,016
	1,2	6	3,773	2,929	2,561	1,520	0,013
	1,2,3	8	3,774	2,920	2,575	1,510	0,014
	1,2,3,4	10	3,774	2,920	2,575	1,510	0,014
РРТ	Без похідної	4	3,925	3,062	2,285	3,577	0,025
		6	3,892	3,052	2,387	2,449	0,015
		8	3,906	3,906	2,336	2,992	0,019
		10	3,845	3,02	2,444	1,981	0,012
	
		1000	3,815	2,985	2,495	1,578	0,012

З результатів досліджень (табл. 1-4), залежності δ_{\max} та σ від кількості точок, при апроксимації ОК за початкових даних обраних РРТ та ХТ, впливає, що для апроксимації ОК за ХТ ланкою другого порядку достатньо максимум 6 точок (дві точки – початок і кінець ПП, і по дві точки (глобальні екстремуми) на графіках перших двох похідних), які визначаються однозначно і максимально характеризують динамічні властивості ОК. Тоді як для апроксимації ОК за РРТ в багатьох випадках потрібно порідку 15 точок, а інколи і цього не достатньо, щоб похибка апроксимації δ_{\max} не перевищувала 3%.

Висновок

Крім наведених прикладів в роботі було досліджено цілий ряд ОК з різним ступенем коливальності

та інерційності. За результатами цих досліджень можна зробити висновок, що ідентифікація ОК за ХТ краща ніж за РРТ, так як:

- по-перше, координати характерних точок визначаються однозначно;
- по-друге, вони можуть бути визначені як в процесі зняття характеристики так і після;
- по-третє, кількість точок, що використовуються, при забезпеченні заданої точності, зменшилася в 1,5-3 рази порівняно з алгоритмом РРТ [6,8].

Таким чином, в роботі показано, що при апроксимації ЕОК диференціальним рівнянням другого порядку, в якості початкових даних доцільно брати ХТ кривої ПП ЕОК.

Це дозволяє суттєво полегшити процес аналізу і оптимізації динамічних характеристик АСР та суттєво спростити пошук ОНР за квадратичною оптимізаційною функцією [9].

Література

1. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием [Текст] / В.В. Денисенко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 608 с., ил.
2. Стенцель, Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Підручник [Текст] / Й.І. Стенцель, О.В. Поркуня - Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. – 300 с.
3. Математичне моделювання технологічних об'єктів [Текст] / О.Б.Целіщев, П.Й. Єлісеєв, М.Г. Лорія, І.І.Захаров – Луганськ. Вид-во Східноукр. нац. унів. ім. В. Даля, 2011. – 421 с.
4. Ідентифікація об'єктів керування [Текст] / М.В. Ананьєв, О.Б.Целіщев, М.Г. Лорія, П.Й. Єлісеєв, О.В. Єрохіна // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (міжнародний науково - технічний журнал): Хмельницький, 2010. - №2 (36). – С.178 – 181.
5. Апроксимація перехідної функції об'єкта керування ланкою другого порядку [Текст] / М.В. Ананьєв, О.Б. Целіщев, М.Г. Лорія, П.Й.Єлісеєв // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (міжнародний науково - технічний журнал): Хмельницький, 2011. - №2. – С.209 – 213.
6. Ананьєв, М.В. Ідентифікація параметрів моделі з використанням точок глобальних екстремумів динамічних характеристик [Текст] / М.В.Ананьєв // Міжнародна науково-технічна конференція «Технологія 2012» квітень 2012 р. – м.Северодонецьк. – частина 3– С. 9–11.
7. Дьяконов, В.П. Mathcad 11,12,13 в математике. Справ очник [Текст] / В.П.Дьяконов. - М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 958 с., ил.
8. Ананьєв, М.В. Аналіз алгоритмів ідентифікації об'єктів керування [Текст] / М.В.Ананьєв // Перша всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми створення електронних засобів промислових автоматизованих систем» жовтень 2011 р.. – м. Северодонецьк. – С. 124-126.
9. Оптиміальне настроювання регулятора за квадратичною оптимізаційною функцією [Текст] / М.В. Ананьєв, О.Б. Целіщев, М.Г. Лорія, П.Й.Єлісеєв // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (науковий журнал). – 2010. - №6(148) частина 2. – С.134 – 141.

Abstract

The article represents the parameters identification algorithm of the second order element, which approximates the experimental curve of the transitional process, using a nonlinear least-squares method. The main purpose of the work is to compare the methods of selection of initial data for identification algorithm: by uniform distribution of dots on the ramp and according to the characteristic dots, and detection of approximation errors depending on the number of dots on the ramp. Obtained research results indicate that at approximation of equivalent control object by differential equation of the second order, it is appropriate to take characteristic dots of the curve of transitional transformer of equivalent control object, as the initial data, because to provide a given accuracy, they are required 1.5-3 times less than the algorithm of equal distribution of dots. It further allows facilitating the analysis and optimization of dynamic characteristics of automatic control system and simplifying the search of settings of regulator according to quadratic optimization function

Keywords: *approximation, nonlinear least-squares method, uniform distribution of dots, derivatives, characteristic dots, ramp, differential equation, transitional process, error, control object*