

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 681.5.015

М. В. Ананьєв, асп.

ВИБІР ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

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 вибраних точок на кривій розгону.

Вступ

Для розв'язання низки практичних задач, в тому числі пошуку оптимальних налаштувань регуляторів (ОНР), гостро постає питання зменшення порядку диференціального рівняння перехідної характеристики об'єктів керування [1–3].

В роботах [4–6] описаний алгоритм ідентифікації параметрів ланки другого порядку, яким апроксимується експериментальна крива перехідного процесу (ПП), з використанням нелінійного методу найменших квадратів (НМНК) [7].

Рівномірний розподіл точок (РРТ) на кривій розгону (КР) дає можливість наблизити апроксимовану криву до експериментальної рівномірно у всіх точках на кривій ПП [5]. Однак є точки, які характеризують найважливіші властивості об'єкта, і в процесі апроксимації бажано забезпечити найменшу похибку саме в цих точках. Тому в якості початкових даних для апроксимації НМНК запропоновано обирати точки, які названі «характерними» [6].

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

СВПД для 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 вибираються 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 більше 3 % достатньо розбити КР на 15 рівних частин за віссю часу, між початком і кінцем КР (вихід КР на сталі значення) та взяти 15 точок на КР. Однак такий підхід не враховує усіх особливостей ОК, а відповідно, не в змозі забезпечити максимальну точність 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 вибираються виходячи з того, що кожна похідна буде мати щонайбільше 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. 1а) і газового реактора (рис. 1б) у виробництві азотної кислоти та КР коливальних ОК на прикладах КР газової турбіни ГТТ-3-М (рис. 2а) і парової турбіни (рис. 2б) у виробництві азотної кислоти.

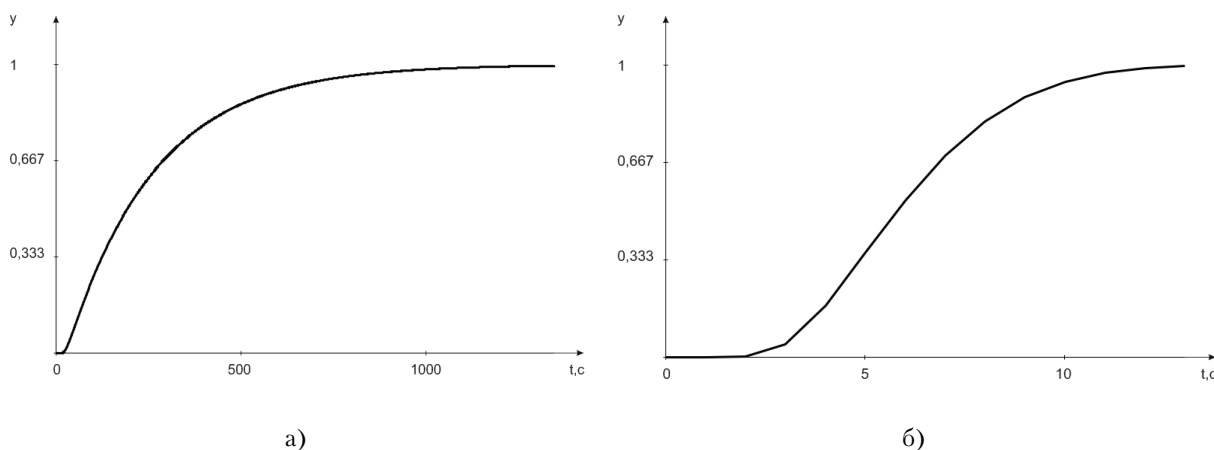


Рис. 1. Криві розгону: а – продувної колони; б – газового реактора

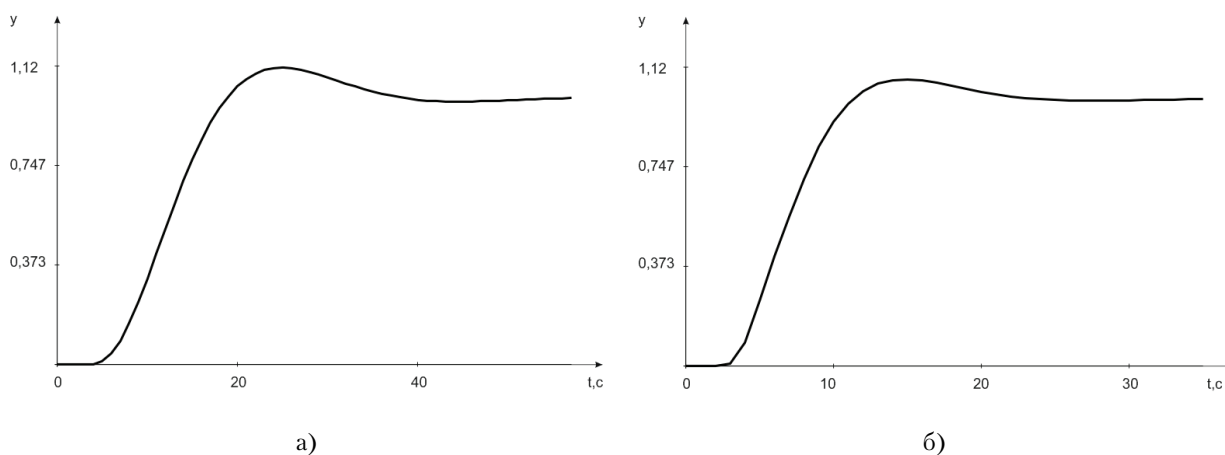


Рис. 2. Криві розгону: а – турбіни ГТТ-3-М; б – парової турбіни

Для апроксимації КР ЕОК (див. 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 ГТТ-3-М – в табл. 3, ПП парової турбіни – в табл. 4.

Дослідження проводилися із 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, оскільки 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, c	$\delta_{\max}, \%$	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, c	$\delta_{\max}, \%$	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, c	$\delta_{\max}, \%$	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

Алгоритм	Похідна	Кількість точок N	Параметри ПФ ланки другого порядку			Похибки апроксимації	
			T_1	T_2	τ, c	$\delta_{\max}, \%$	σ
PPT	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 (див. табл. 1–4), залежності δ_{\max} та σ від кількості точок, під час апроксимації ОК за початкових даних, обраних PPT 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 PPT в багатьох випадках потрібно порядку 15 точок, а інколи і цього недостатньо, щоб похибка апроксимації δ_{\max} не перевищувала 3 %.

Крім наведених прикладів в роботі досліджено цілу низку ОК з різним ступенем коливальності та інерційності. За результатами цих досліджень можна зробити висновок, що ідентифікація ОК за ХТ краща, ніж за PPT, оскільки: по-перше, координати характерних точок визначаються однозначно; по-друге, вони можуть бути визначені як у процесі зняття характеристики, так і після; по-третє, забезпечуючи задану точність кількість використовуваних точок зменшилася в 1,5–3 рази порівняно з алгоритмом PPT [6, 8].

Висновок

Показано, що під час апроксимації ЕОК диференціальним рівнянням другого порядку за початкові дані 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].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. — М. : Горячая линия—Телеком, 2009. — 608 с., ил.
2. Стенцель Й. І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв : підруч. / Й. І. Стенцель, О. В. Поркуян. — Луганськ : вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. — 300 с.
3. Математичне моделювання технологічних об'єктів / [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 / [М. В. Ананьєв, О. Б. Целіщев, М. Г. Лорія і ін.] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (міжнародний науково-технічний журнал). — 2010. — № 2 (36). — С. 178—181.
5. Апроксимація перехідної функції об'єкта керування ланкою другого порядку / [М. В. Ананьєв, О. Б. Целіщев, М. Г. Лорія, П. Й. Єлісеєв] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (міжнародний науково-технічний журнал). — 2011. — № 2. — С. 209—213.
6. Ананьєв М. В. Ідентифікація параметрів моделі з використанням точок глобальних екстремумів динамічних характеристик / М. В. Ананьєв // Міжнародна науково-технічна конференція «Технологія 2012», квітень 2012 р. — Северодонецьк. — Ч. 3. — С. 9—11.
7. Дьяконов В. П. Mathcad 11, 12, 13 в математике. Справочник / В. П. Дьяконов. — М. : Горячая линия—Телеком, 2007. — 958 с., ил.
8. Ананьєв М. В. Аналіз алгоритмів ідентифікації об'єктів керування / 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 налаштування регулятора за квадратичною оптимізаційною функцією / [М. В. Ананьєв, О. Б. Целіщев, М. Г. Лорія, П. Й. Єлісеєв] // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (науковий журнал). — 2010. — № 6(148). — Ч. 2. — С. 134—141.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Стаття надійшла до редакції 17.10.12
Рекомендована до друку 2.11.12

Ананьєв Михайло Володимирович — аспірант кафедри обладнання хімічних підприємств.

Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, м. Северодонецьк