УДК 621.313

П.Г. Стахів, Ю.Я. Козак, Й.Р. Селепина
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра ТЗЕ
Луцький національний технічний університет,
кафедра ТЗЕ

ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МАКРОМОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХСИСТЕМ

Запропоновано метод пришвидшення оптимізації для математичних макромоделей складних електромеханічних систем. Показано, що використання цього алгоритму зменшує кількість розрахунків та затрат часу на знаходження невідомих коефіцієнтів макромоделей.

Ключові слова: **оптимізація, математична макромодель, розрахунки і затрати часу.**

In this article the accelerate optimization method of mathematical macromodels for difficult electromechanical systems is presented. It is shown that using this algorithm reduces the amount of calculations and expenses of time to find the unknown coefficients of macromodels.

Keywords: **optimization, mathematical macromodel, calculations and expenses of time.**

Постановка задачі

Питання моделювання різних електромеханічних систем є завжди актуальним. Серед множини різноманітних методів своє місце займає і макромоделювання. У роботі наведено спосіб покращання оптимізаційного процесу для ідентифікації невідомих параметрів макромоделей, що дає змогу значно скоротити кількість розрахунків та затрат часу для побудови моделі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для моделювання електромеханічного об’єкта лише у вигляді співвідношень вхід-вихід доцільно користуватися математичними макромоделями [4, 7], які дають змогу відтворювати динамічні процеси, зокрема аварійних режимів, перехідних і періодичних процесів системи з заданою точністю. Нині широко використовують дискретні макромоделі, що пов'язано з особливостями подання експериментальних даних, які звичайно є сукупністю дискретних значень певних змінних. Крім того, відсутність переходу з дискретного представлення сигналів у неперервне спрощує застосування цифрової техніки як під час побудови моделі, так і на етапі їх використання [5].

Для побудови математичних макромоделей електромеханічних систем використовують метод змінних стану. Пошук невідомих коефіцієнтів макромоделі здійснюється на основі оптимізаційного процесу. Успішні спроби створення таких математичних моделей компонент електромеханічних систем зроблені в [5].

Для пришвидшення будь-якого алгоритму оптимізації сьогодні використовується адаптація параметрів пошуку [1–3]. Суть полягає в динамічній зміні під час оптимізації значень параметрів пошуку так, щоб ці значення були постійно близькими до оптимальних. Для алгоритму направляючого конуса Растригіна до найбільш важливих параметрів слід віднести довжину кроку пошуку, кут розкриття конуса, а також кількість спроб на одну ітерацію. Оригінальний алгоритм адаптації довжини кроку пошуку був запропонований у роботі [10]. Для адаптації кута розкриття конуса (кут між напрямками осі гіперконуса на двох послідовних кроках) розроблений алгоритм [3]. Цей алгоритм виключає вплив адаптації кута розкриття конуса на адаптацію довжини кроку і навпаки, шляхом введення поправки на довжину кроку таким чином, щоб площа основи гіперконуса не змінювалася при зміні кута його розкриття.

Задача дослідження

В роботі запропоновано використання так званого тунелювання для будь-якого методу оптимізаційного підходу в макромоделюванні з метою зменшення кількості розрахунків функції мети та затрат часу на ідентифікацію невідомих коефіцієнтів моделей складних електромеханічних систем.

Виклад основного матеріалу

Ідентифікація макромоделі з використанням оптимізації проводиться шляхом знаходження мінімуму деякої функції, яка характеризує відхилення поведінки моделі від поведінки модельованого об'єкта [6]. Якщо модель задається рівнянням $\vec{y} = \Phi(\vec{u}, \vec{b})$, де $\vec{u}$ – вхідний сигнал, $\vec{y}$ – вихідний сигнал, Φ – деякий оператор, $\vec{b}$ – вектор параметрів моделі, то згадана функція, яку називають функцією мети, матиме вигляд $Q(b) = E(\vec{\tilde{y}}, \vec{y})$, де $\vec{y}$ – відгук моделі на тестовий сигнал, розрахований з допомогою моделі, $\vec{\tilde{y}}$ – реакція реального об'єкта на цей же тестовий сигнал. Функція $E(\vec{\tilde{y}}, \vec{y})$ визначає відстань між дискретами векторів $\vec{y}$ і $\vec{\tilde{y}}$. Для фіксованого набору тестових сигналів функція мети є функцією лише вектора параметрів моделі $\vec{b}$. Таким чином, знайшовши мінімум функції $Q(b)$, ми знайдемо такі значення вектора параметрів моделі $\vec{b}$, при яких відхилення поведінки моделі на заданій множині тестових сигналів від поведінки модельованого об'єкта за критерієм $E(\vec{\tilde{y}}, \vec{y})$ буде мінімальним.

Запропонованим нашим способом для пришвидшення оптимізаційного процесу є введення так званого “тунелювання”. Основною перевагою тунелювання є те що його можна застосувати для будь-якого оптимізаційного алгоритму. Далі розглянемо детально його суть та алгоритм.

Під час оптимізації складних функцій, особливо ярового характеру, більшість алгоритмів знижують крок оптимізації і повільно наближуються до розв’язку, виконуючи велику кількість малих кроків. Цей процес можна пришвидшити, визначивши статистично напрям руху біжучої точки і знайшовши оптимальне рішення в цьому напрямку.

Детальніше цей алгоритм зображений на рис. 1. Ітерація починається з запам’ятовування рухомої точки x_{start}. Далі проводиться деяка кількість кроків оптимізації. Отриману рухому точку позначимо x_{end}. Вектор $x_{end-}x_{start}$ вказує усереднений напрям руху рухомої точки під час проведення оптимізації, тож знайдемо оптимальний розв'язок у вказаному напрямку. Для цього знайдемо мінімум функції:

$$f_1(a) = f\left(x_{end} + a\left(x_{end} - x_{start}\right)\right)$$

Ця функція є функцією єдиного скалярного аргументу a , і тому її оптимізація не становить собою великої проблеми. Знайдена в результаті точка приймається за наступну ітерацію оптимізаційного алгоритму:

$$x_{i+1} = x_{end} + a\left(x_{end} - x_{start}\right).$$

Для тестування процесу тунелювання здійснено кілька оптимізаційних розрахунків на прикладі побудови моделі асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором та включеним в розсічення нульової точки статора нелінійного випростувача. Порівняння доцільності використання тунелювання здійснювалося на процесі побудови двох варіантів макромоделей двома методами оптимізації – без та з тунелюванням. При побудові макромоделей за вхідні сигнали взято перехідні процеси при пуску та накиді навантаження асинхронного двигуна з нелінійностями в колі статора. Результати тестування тунелювання – залежності значення функції мети (котра є пропорційна до похибки макромоделювання) від кількості розрахунків наведені на рис. 2 і 3.

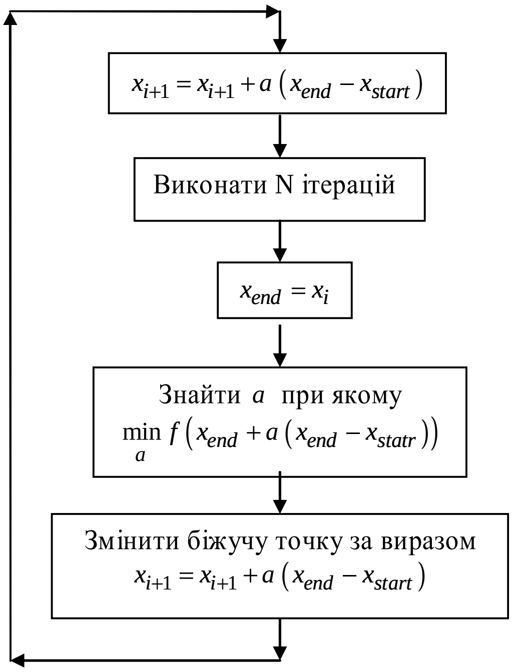

Рис. 1. Один крок алгоритму "тунелювання"

Варіант 1. Лінійна модель третього порядку. Оптимізація здійснювалася методом направляючого конуса. Оптимізація з тунелюванням та без нього тривала відповідно 14 та 45 хв при таких параметрах ПК: тактова частота процесора 1,8 ГГц, оперативна пам'ять 768 Мб.

Як видно з табл. 1 та рис. 2 при оптимізації з використанням тунелювання кількість розрахунків та час на пошук невідомих коефіцієнтів зменшилися втричі.

Таблиця 1

Порівняння оптимізації з тунелюванням та без нього в першому варіанті

Без тунелювання		З тунелюванням	
Кількість розрахунків	Значення функції мети	Кількість розрахунків	Значення функції мети
0	2057	0	2052
34000	1883,8	34000	1309
128000	1883,4	128000	630
375000	1883	375000	544
790000	1882,6	790000	734
1,62E+06	916	1,20E+06	667
2,14E+06	755		
2,82E+06	735		

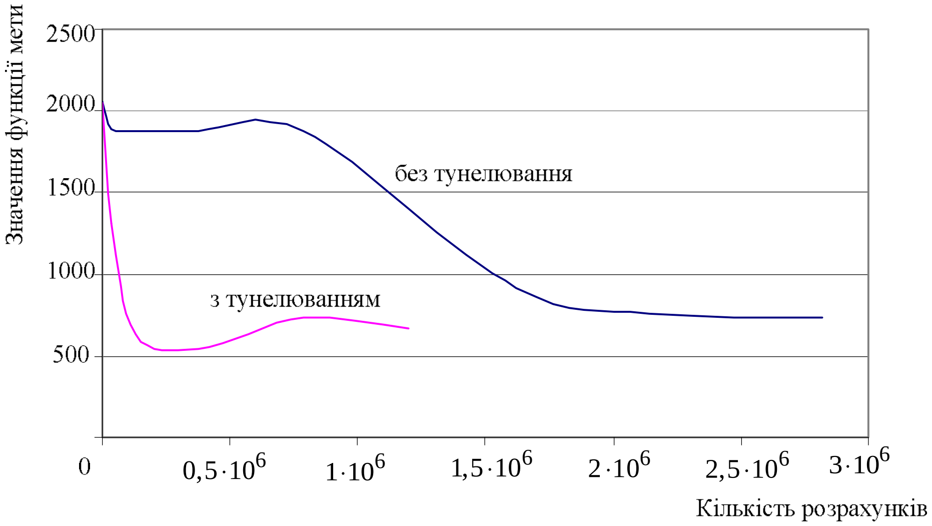

Рис. 2. Залежність значення функції мети від кількості розрахунків першої моделі

Варіант 2. Вид моделі: нелінійна третього порядку з тензорами 3-го рангу. Для побудови вхідним сигналом є лише перехідний процес пуску асинхронного двигуна. Оптимізація проводилася методом направляючого конуса. Оптимізація з тунелюванням та без нього тривала відповідно 10 та 35 хв при тих самих параметрах ПК.

Таблиця 2

Порівняння оптимізації з тунелюванням та без нього в другому варіанті

Без тунелювання		З тунелюванням	
Кількість розрахунків	Значення функції мети	Кількість розрахунків	Значення функції мети
0	1377	0	1377
9500	1262	9500	917,5
80900	1142,6	80900	320
228000	1140	228000	198
1,00E+06	1137	280000	157
1,92E+06	192		
2,28E+06	152		

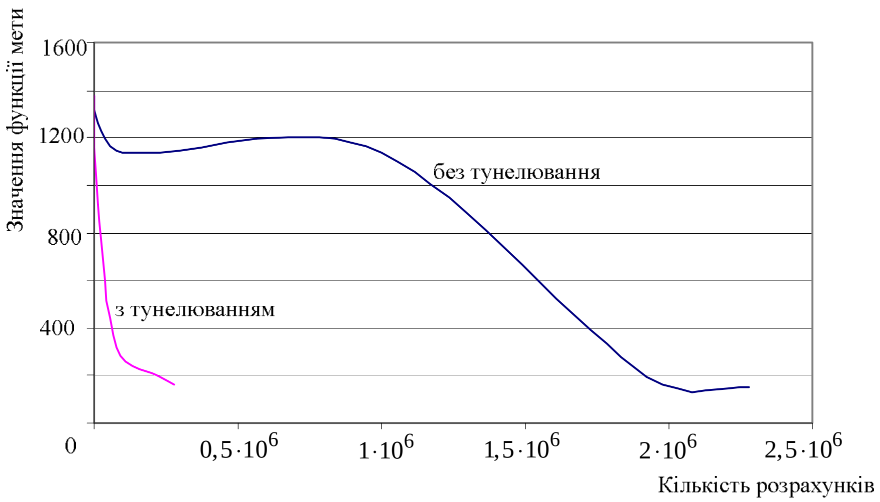

Рис. 3. Залежність значення функції мети від кількості розрахунків другої моделі

Висновки

Як показав проведений аналіз, запропонований підхід до будь-якого алгоритму оптимізації можна використати для зменшення кількості розрахунків та затрат часу на пошук невідомих параметрів під час ідентифікації макромоделей електромеханічних систем.

1. Джала В.Р. Алгоритм статистической глобальной оптимизации с адаптацией шага поиска // Проблемы управления и информатики. – 1997. – № 2. – С. 94–99. 2. Калинников Ю.С., Лифшиц А.Л. О некоторых модификациях алгоритма глобального статистического поиска по направляющей сфере // Задачи статистической оптимизации. – Рига: Зинатне, 1971. – С. 197–202. 3. Козак Ю.Я. Модифікація методу направляючого конуса Растригіна // Электроника и связь – Тем. вып. Проблемы физической и биомедицинской электроники. – 1997. – С. 424. 4. Стахив П.Г. Анализ динамических режимов в электронных схемах с многополюсниками. – Львов: Высш. школа, 1988. – 154 с. Стахів П.Г., Козак Ю.Я. Побудова макромоделей електромеханічних компонент із використанням оптимізації // Технічна електродинаміка. – 2001. – № 4. – С. 33–36. 5. Стахів П.Г., Селепина Й.Р., Надич І.І. // Моделювання компонент електротехнічних систем. – К.: Сборник трудов конференции: Моделирование-2008 (Simulation-2008). Т. 1, 2008 – С. 344–349. 6. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров состояния. – М.: Мир, 1975. – 683 с. 7. Hinamoto T., Mackava S. Approximation of polynomial state-affine discrete-time systems // IEEE Trans. Circ. and Syst. – 1984. – Vol. 33, № 8. – P. 713–721.