

у випадку гармонійного осцилятора, ця поведінка не є структурно стійкою: мала зміна моделі (наприклад, враховуючи обмеженість ресурсів, необхідних жертвам) може призвести до якісної зміни поведінки. Наприклад, рівноважний стан може стати стійким, і коливання чисельності будуть затухати. Можлива і протилежна ситуація, коли будь-яке мале відхилення від положення рівноваги призведе до катастрофічних наслідків, аж до повного вимирання одного з видів.

Побудована математична модель являє собою не просто суму властивостей моделей обох видів. З її допомогою можна описати і набагато більш складні типи поведінки взаємодіючих видів: наявність двох стійких стаціонарних станів, затухаючі коливання чисельностей та інші. При деяких значеннях параметрів система стає автоколивальною. У ній з плином часу встановлюється режим, при якому змінні змінюються періодично з постійним періодом і амплітудою незалежно від початкових умов.

На основі аналізу було обґрунтовано вибір середовища моделювання. Встановлено, що в міру віддалення від точки, що визначає положення рівноваги моделі, період коливань чисельності популяції збільшується, тобто на завершення циклу відновлення чисельності популяції потрібен більший час.

Цікавим є також той факт, що в ході даного обчислювального експерименту було виявлено залежність відновлення чисельності популяції жертв від часу, працюючи в двомірному просторі, без введення додаткової осі координат.

Отримані дані можуть бути використані при плануванні та проведенні лабораторного експериментального практикуму для спостереження за зміною поведінки моделі «хижак-жертва» в положенні рівноваги і в міру віддалення від нього.

Висновок

За допомогою програмних пакетів WinSet і Matlab побудовано комп'ютерну модель динамічної системи типу «хижак-жертва» та вивчено її особливості.

Список використаних джерел

1. Бенькович Е.С. Практическое моделирование динамических систем / Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. – Спб.: БХВ-Петербург, 2012. – 198 с.
2. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / Вольтерра В. - М.: Наука, 1976. - 287 с.

УДК 519.876.5

МЕТОД СИНТЕЗУ СМУГОВОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ ЗАДАНИХ ОБМЕЖЕНЬ НА ЙОГО МОДУЛЬ КОЕФІЦІЄНТА ПЕРЕДАЧІ

Крепич С.Я.

Тернопільський національний економічний університет, аспірант

I. Вступ та мета роботи

При проектуванні РЕК доводиться розв'язувати як задачі аналізу так і задачі синтезу. В традиційній постановці задача синтезу РЕК математично виглядає як оптимізаційна задача, де цільова функція містить вимоги до характеристик синтезованого пристрою[1]. Однак достатньо часто розв'язок задачі синтезу як нелінійної оптимізаційної задачі не може бути імплементований у практичні реалізації. За цих умов доцільно функцію мети задачі синтезу будувати виходячи із заданих обмежень на значення вихідних характеристик. У такій постановці задачі можна розв'язувати методом аналізу інтервальних даних [2].

Зважаючи на вище зазначене метою роботи є розв'язок задачі синтезу РЕК за умов відомого схемо-технічного рішення та заданих обмежень на значення вихідних характеристик РЕК.

II. Постановка проблеми

Для дослідження статичних систем часто застосовують модулі у вигляді нелінійних залежностей їхніх характеристик від параметрів [3]. Характеристиками РЕК можуть бути коефіцієнти підсилення та затухання на певній частоті, струми та напруги на ділянках кола тощо. В такому випадку кожна i -та характеристика y_i пристрою являється функцією параметрів елементів, що задають модель пристрою. Дані параметри елементів утворюють вектор $\vec{b} = (b_1, \dots, b_j, \dots, b_m)^T$.

Здебільшого при дослідженні функціонування пристроїв використовують моделі вигляду нелінійних залежностей вихідних характеристик пристрою від його параметрів. Звідси слідує, що кожна i -та характеристика y_i , $i = 1, \dots, N$ є функцією $g_i(\vec{b})$ векторного аргументу параметрів $\vec{b} = (b_1, \dots, b_m)^T$ [4]. Встановимо залежність між значеннями параметрів та вихідними характеристиками пристрою

$$y_i^- \leq g_i(\vec{b}) \leq y_i^+, i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

де $[y_i^-, y_i^+]$ - інтервали обмежень на значення вихідної характеристики РЕК.

Інтервальна система (1) є складною в зв'язку з нелінійністю отриманих рівнянь для розв'язку яких доцільно побудувати таку цільову функцію:

$$\delta(\vec{b}_k) \xrightarrow{\vec{b}} \min, \quad (2)$$

де $\delta(\vec{b}_k)$ - значення «якості» наближення оцінки вектора параметрів РЕК. При цьому процедуру оцінювання вектора параметрів РЕК необхідно організувати у такий спосіб, щоб забезпечити зменшення значень функції мети $\delta(\vec{b}_1) > \delta(\vec{b}_2) > \dots > \delta(\vec{b}_k) > \dots > \delta(\vec{b}_{k=K} = \vec{b} \in \Omega)$ за скінчену та якомога меншу кількість ітерацій $k = K$.

Очевидно, що чим більша кількість рівнянь в інтервальній системі (1), тим складніше знайти розв'язок ІСНАР. Зазначена задача відносять до типу NP-повних задач. Одним з методів пошуку невідомого вектора параметрів РЕК є метод випадкового пошуку[5].

III. Метод випадкового пошуку вектора параметрів РЕК

Основною особливістю зазначеного методу є те, що в процесі обрахунку наближення \vec{b}_i використовуються випадкові вектори в якості напрямку руху [6].

Крок 1. Задання початкового (нульового) вектора параметрів \vec{b}_0 .

Крок 2. Обчислення значення цільової функції відносно початкового вектора параметрів.

Крок 3. Формулювання випадковим чином наступного вектора параметрів РЕК:

$$\vec{b}_k = \vec{b}_{k-1} + r \cdot \vec{\xi}_k, k = 1, \dots, K \quad (3)$$

$$\vec{\xi}_k = \left(\frac{\Delta b_{1k}}{R_k}, \dots, \frac{\Delta b_{mk}}{R_k} \right)^T; \quad (4)$$

$$R_k = \sqrt{\Delta b_{1k}^2 + \dots + \Delta b_{mk}^2} \quad (5)$$

де r - довжина кроку, тобто на відстані r від точки \vec{b}_{k-1} в просторі параметрів генеруємо k випадкових точок; $\Delta b_{1k}, \dots, \Delta b_{mk}$ - випадкові числа, згенеровані відповідно до випадкового закону розподілу на інтервалі $[-1;1]$.

Крок 4. Перевірка «якості» $\delta(\vec{b}_k)$ поточного наближення оцінки \vec{b}_i вектора параметрів. «Якість» наближення вектора параметрів визначається кількісно, як різниця між значенням знайдених в процесі розв'язку значень вихідних характеристик РЕК та центрів заданих інтервалів обмежень на вихідні характеристики Формально цю умову запишемо у такому вигляді:

$$\delta(\vec{b}_k) = \min_{i=1, \dots, N} \{ \hat{y}_i - \text{mid}([y_i]) \}, \quad (6)$$

де \hat{y}_i - знайдене під час розв'язку задачі значення вихідних характеристик РЕК.

Крок 5. Серед згенерованих k точок вибираємо точку, яка забезпечує найменше значення функції мети, тобто обчислене значення «якості» $\delta(\vec{b}_k)$ якої є найменшою. Отриманий таким чином вектор параметрів стане початковим наближенням для наступної ітерації.

Якщо обчислене значення «якості» поточного наближення оцінки вектора параметрів РЕК на поточній ітерації дорівнює нулю, то процедура завершується інакше повертаємось до Кроку 3.

Пошук кращого вектора параметрів продовжується до тих пір доки зменшується значення функції мети. Якщо ж на певній ітерації виконання алгоритму випадкового пошуку, серед

згенерованих точок не можливо знайти точку, яка зменшує значення функції мети, тоді доцільно застосувати адаптивний алгоритм випадкового пошуку з змінним кроком (радіусом пошуку).

Адаптивний алгоритм випадкового пошуку так само як і звичайний, за основу бере випадкові вибірки, котрі використовуються для визначення напрямку пошуку, однак довжина кроку (радіусу) в даному алгоритмі буде змінюватись відповідно до отриманого успіху. Тобто, якщо дві послідовні ітерації дають покращення цільової функції, то крок збільшується в k_{in} раз, а якщо M послідовних ітерацій не дають покращення, то крок зменшується в k_{dec} раз [7].

III. Приклад застосування

Розглянемо застосування методу випадкового пошуку невідомого вектора параметрів РЕК на прикладі смугового фільтра представлено на рисунку 1.

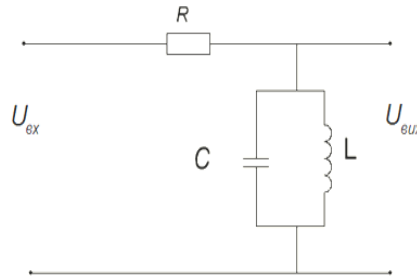


Рисунок 4 – Схема смугового фільтра

За вихідну характеристику фільтра приймемо модуль коефіцієнта передачі, що матиме вигляд:

$$|K(f_i)| = \frac{1}{\sqrt{R^2 \cdot \left(\frac{1}{2\pi \cdot f_i \cdot L} - 2\pi \cdot f_i \cdot C\right)^2 + 1}}, i = 1, \dots, N. \quad (7)$$

де $K(f_i) = K_i$, f_i - частота, i - кількість характеристик фільтра.

У середовищі Microsoft Visual Studio була розроблена програма пошуку невідомого вектора параметрів пристрою на основі звичайного алгоритму випадкового пошуку та адаптивного алгоритму випадкового пошуку зі змінним кроком.

Таблиця 1

Інтервали обмежень на значення вихідної характеристики РЕК для різних частот

i	f_i	K_i^-	K_i^+
1	10	0,0005	0,0007
2	210	0,0106	0,0159
3	410	0,0213	0,0319
4	610	0,033	0,0495
5	810	0,0466	0,07
6	1010	0,0633	0,095
7	1210	0,085	0,1275
8	1410	0,1154	0,1731
9	1610	0,1622	0,2434
10	1810	0,2451	0,3676

Умовою зупинки алгоритму є досягнення «якості» $\delta(\vec{b}_k)$ наближення оцінки вектора параметрів РЕК, яка дорівнює нулю. Кількість ітерацій та часові витрати на реалізацію обох методів представлені порівняльним графіком, зображеному на рисунку 2.

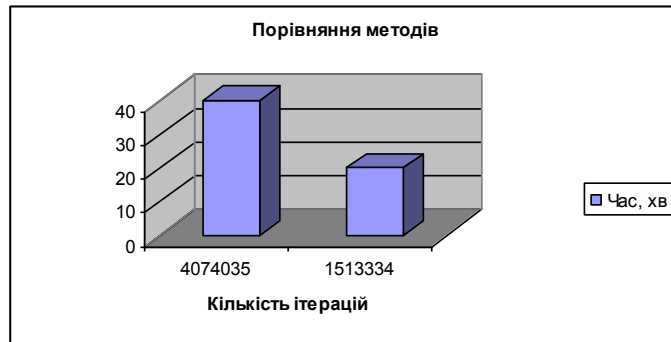


Рисунок 2 – Порівняльний аналіз двох методів

Висновок

У роботі досліджено задачу синтезу РЕК за умов відомого схемо-технічного рішення та заданих обмежень на значення вихідних характеристик РЕК. Розглянуто звичайний метод випадкового пошуку вектора параметрів РЕК та метод випадкового пошуку параметрів РЕК зі змінним радіусом.

У середовищі Microsoft Visual Studio розроблена програма реалізації вище зазначених методів та проведений порівняльний аналіз застосування останніх.

Список використаних джерел

- Іноземцев Г.Б. Математичне моделювання та оптимізація систем електроспоживання у сільському господарстві/Г.Б.Іноземцев, В.В.Козирський//К.: Видавничий центр НУБіП України, 2010. – 140с.
- Дивак М.П. Оцінка точності параметрів радіоелектронних кіл методами аналізу інтервальних даних. - Пр. Ін-ту електродинаміки НАНУ. Електротехніка'2001. - Київ: ІЕД НАНУ, 2001.-С. 29 - 33.
- Кривошейкин А.В. Точность параметров и настройка аналоговых радиоэлектронных цепей/ А.В. Кривошейкин. – М.:Радио и связь, 1983. -136с.
- Дивак М.П. Еліпсоїдне оцінювання допусків параметрів радіоелектронних кіл/ М.П.Дивак, О.Л.Козак // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2009. – Том 11, №1. – С.93-104.
- Дивак М.П. Ітераційний метод пошуку допустимого розв'язку ІСЛАР в задачах ідентифікації параметрів динамічних моделей “вхід-вихід” / М.П. Дивак, П.Г. Стахів, І.Я. Калішук // Відбір та обробка інформації. - 2005. – Випуск 23 (99). – С. 40-48.
- Алексеева Е.В. Численные методы оптимизации/Е.В.Алексеева, О.А.Кутненко, А.В.Плясунов//Учебное пособие, Новосибирск, 2008. – 126с.
- Чипига А.Ф. Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций / А.Ф.Чипига, Д.А.Колков//Фундаментальные исследования. – 2006. – №2.

УДК 519.24

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ МГЕС «ТОПОЛЬКИ»

Масляк Ю.Б.

Тернопільський національний економічний університет, здобувач

І. Постановка проблеми

Одним з найбільш важливих видів енергетичних ресурсів, який забезпечує функціонування чи не всіх галузей діяльності людства, є електрична енергія. Україна в цьому аспекті не є винятком.

Ефективним інструментом дослідження електроенергетики є математичне моделювання на основі системного підходу шляхом побудови макромоделей динаміки. Досить часто виникає потреба, щоб математична модель забезпечувала гарантовані чи допускові коридори прогнозу характеристик [1]. Такі моделі називають інтервальними. Використання інтервальних моделей дозволяє визначити допуски на зовнішні фактори, що визначають обсяги генерування електроенергії, які відображатимуть можливості електростанцій. Особливо це актуально для малих електростанцій.