

Цікаво зауважити, що закону збереження кінетичної енергії системи не існує.

Закон збереження механічної енергії точки або системи застосовується у задачах, в яких описується перехід потенціальної енергії у кінетичну і перехід кінетичної енергії у потенціальну. Типовою задачею у цьому випадку може бути задача про рух математичного маятника або фізичного маятника.

Існує більш загальний закон збереження – закон збереження енергії.

Список використаних джерел: 1. Павловський М. А. Теоретична механіка / М. А. Павловський. – К. : Техніка, 2002. – 510 с. 2. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики / С. М. Тарг. – М. : Высш. школа, 1986. – 416 с. 3. Застосування загального рівняння динаміки : методичні вказівки з теоретичної механіки до проведення практичних занять і розрахунково-графічної роботи для студентів напрямів підготовки 6.050502 – „Інженерна механіка”; 6.050503 – „Машинобудування”; 6.070106 – „Автомобільний транспорт”; 6.050504 – „Зварювання” / укл. В. Ю. Грицюк. – Чернігів : ЧДТУ, 2012. – 18 с. 4. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / А. А. Яблонский и др. ; под ред. А. А. Яблонского. – М. : Высш. шк., 1985. – 367 с. 5. Застосування теореми про зміну кінетичної енергії механічної системи : методичні вказівки з теоретичної механіки до проведення практичних занять і розрахунково-графічної роботи для студентів напрямів підготовки 6.050502 – „Інженерна механіка”; 6.050503 – „Машинобудування”; 6.070106 – „Автомобільний транспорт”; 6.050504 – „Зварювання” / укл. В. Ю. Грицюк. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – 21 с.

УДК 539.3:621.3

МОЖЛИВОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ КОЛИВАНЬ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

О.Л. Деркач, студ. гр. ІМ-093

Науковий керівник: В.Г. Дубенець, зав. каф. ТіПМ, д-р техн. наук, професор
Чернігівський державний технологічний університет

На сучасному етапі у світі активно проводяться вивчення так званих “розумних” матеріалів. Створення конструкцій на основі smart-матеріалів відкриває явні переваги з погляду якості роботи під час динамічних навантажень [1]. Найбільш ефективними вважаються такі smart-матеріали, робота яких заснована на явищі п’єзоелектричного ефекту (прямого та зворотного). Активні матеріали (п’єзоелектричні сенсори та актуатори) у поєднанні з несучими (пасивними) матеріалами застосовують для досліджень резонансних коливань тонкостінних елементів конструкцій, а також під час активного демпфірування коливань, що зумовило появу smart-композиційних матеріалів, які у свою чергу потребують застосування систем автоматичного керування. Керування здійснюється за допомогою зміни напруги на електродах активного елемента – актуатора, а інформацію про стан конструкції дізнаються за допомогою сенсорів.

Враховуючи складність динамічних навантажень та потенційно широку сферу застосування в техніці smart-композиційних конструкцій, актуальним є створення систем автоматичного керування, які налаштовуються під час роботи. У цій роботі проведено огляд можливостей нейронних мереж для адаптивної системи управління коливань smart-конструкцій та запропоновано можливу схему реалізації для армованого п'єзоелектричними волокнами композиційного матеріалу.

У теорії автоматичного керування [2] найчастіше застосовують два класи адаптивних систем керування: з еталонною моделлю та моделлю, що налагоджується. Робота останнього базується на засадах нечіткої логіки [3]. Процес розроблення нечіткої системи регулювання переміщень системи (конструкції) включає розроблення нейронечіткого регулятора, розроблення підсистеми з об'єктом регулювання, моделювання роботи підсистеми та системи (конструкції) в цілому. Для моделювання динамічних систем найчастіше використовується пакет спеціальних програмних засобів Neural Networks Toolbox у системі імітаційного моделювання MATLAB [4]. Нейромережеве обладнання у вигляді мікроконтролерної техніки, вимірювальної апаратури і виконавчих пристроїв (актуаторів) із джерелом енергії, реалізують прямий і зворотній зв'язок з конструкцією. Важливою особливістю таких систем є здатність до навчання.

Нейромережеве адаптивне керування smart-конструкціями вважається [5; 6] одним із основних способів реалізації активного демпфірування коливань конструкцій, оскільки під час життєвого циклу в конструкції часто відбуваються значні зміни параметрів та факторів, що на неї діють (наприклад, втома матеріалу, температурні та силові навантаження).

Можливості застосування нейромережевих систем для активного управління коливань композиційних матеріалів можна оцінити з рис. 1 [5], де показано осцилограму затухаючих коливань тришарової пластини. Час затухання коливань smart-композиційної консольно закріпленої пластини, яка обладнана нейромережевою системою адаптивного управління значно зменшився.

У роботі запропоновано адаптивну нечітку схему керування замкнутого типу (рис. 2), що налагоджується на мінімальні переміщення активних волокон (сенсорів та актуаторів) smart-композиційного матеріалу (рис. 3, а). Під час моделювання цього елемента конструкції під час дії випадкових навантажень доцільно використати метод скінченних елементів [1]. Отримати вихідні сигнали сенсорів x_i можна за такою залежністю [5]:

$$\{x\} = [S]\{\Delta\},$$

де $\{x\}$ – вектор вихідних сигналів сенсорів, $[S]$ – матриця, за допомогою якої перетворюють вектор вузлових переміщень $\{\Delta\}$.

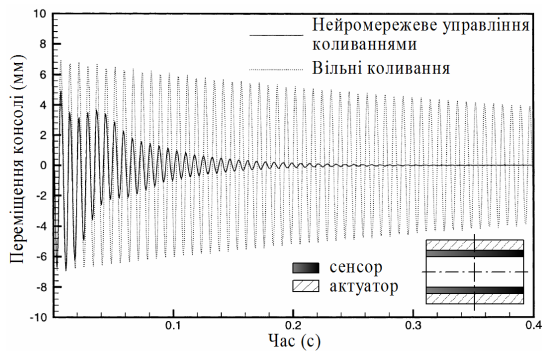


Рис. 1. Осцилограма затухання коливань smart-композиційної консольно закріпленої пластини

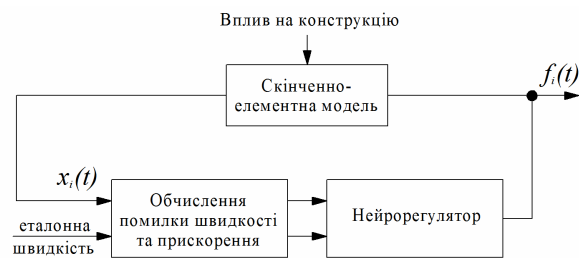


Рис. 2. Активна нечітка схема замкнутого типу для керування коливаннями

Для обчислення регулюючого впливу f_i (для п'єзоелектричних актуаторів ця величина рівна різниці потенціалів на електродах) достатньо використати двохшарову нейронну мережу (рис. 3, б) [6]. Кількість вхідних параметрів визначається числом актуаторів та відповідних прийнятих параметрів – переміщення, швидкості та прискорення переміщень конструкції. Врахування прискорення дозволяє визначити динаміку зміни значення помилки переміщень, внаслідок чого регулятор більш коректно обчислюватиме величину регулюючого впливу f_i . На вхід регулятора надходить помилка переміщення – різниця між нульовим (еталонним) та поточним значенням переміщення. На інші входи надходять значення прискорень, які обчислюються, як різниця між поточним значенням швидкості та значенням, отриманим під час попереднього моменту дискретизації [3].

Наступним етапом є навчання створеної нейронної мережі. Нейронна мережа може бути навчена на так званому задачнику, який може використовувати реальні експериментальні дані [7]. Під час навчання відбувається зміна параметрів керування таким чином, щоб максимально наблизитись до еталонної моделі.

Кожний вихід мережі розглядається окремо з метою оцінювання значущості кожного актуатора. Схема побудови нейронної мережі для одного виходу показана на рис. 3, а. Під час побудови моделі в цілому необхідно врахувати взаємозв'язки нейронів між всіма входами мережі (рис. 3, б).

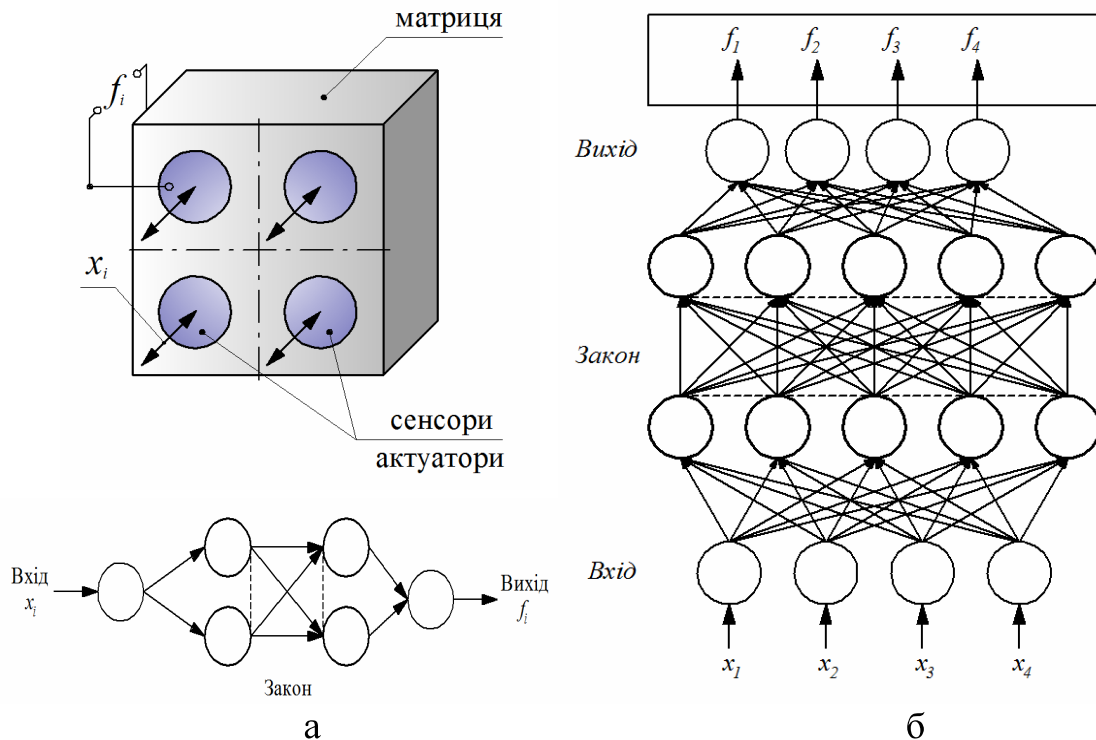


Рис. 3. Варіант реалізації нейронної мережі: а – елемент smart-композиційної конструкції та нейронна мережа для одного актуатора; б – нейронна мережа для контролю елемента конструкції в цілому

Слід зазначити, що найефективніша система адаптивного управління коливань конструкціями не має смислу без аналізу механічної складової цієї проблеми. Тому постає проблема розроблення адекватних математичних моделей smart-композиційних матеріалів.

Список використаних джерел: 1. Деркач О. Л. Використання методу скінченних елементів для аналізу конструкцій із smart-матеріалів / О. Л. Деркач // Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Чернігів, 19-20 квітня 2012 р.) : тези доповідей : в 2-х т. Т. 1. Технічні та економічні науки. – Чернігів : Черніг. держ. технол. ун-т, 2012. – С. 17-18. 2. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – К. : Либідь, 2007. – 656 с. 3. Красножон О. В. Нейронечітка система регулювання швидкості електродвигуна постійного струму [Електронний ресурс] / О. В. Красножон, С. А. Іванець, Д. О. Ульченко // Вісник Черніг. держ. технол. ун-ту. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – № 2 (49). – Режим доступу : http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Vcndtu/2011_49/index.htm. 4. Сивохин А. В. Решение задач оптимального управления с использованием математической системы MATLAB и пакета имитационного моделирования SIMULINK : лабораторный практикум по основам теории управления / А. В. Сивохин, Б. К. Мещеряков. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – 120 с. 5. Manish T. Valoor, K. Chandrashekhara, Sanjeev Angarwal. Self-adaptive vibration control of smart composite beams using recurrent neural architecture // International Journal of Solid and Structures. – 2001. – Vol. 38. – P. 7857-7874. 6. Vibration control. Edited by Dr. Michaël Lallart. – Croatia: Sciyo, 2010. – 379 p. 7. Абовский Н. П. Управление конструкциями : учеб. пособие / Н. П. Абовский. – Красноярск, 1998. – 433 с.