

# **Навчання рекурентної НМ для прямого інверсного керування динамічним об'єктом**

**Паламар М.І., Стрембіцький М.О.**

ТНТУ

Особливістю антенних систем (АС) є нелінійність параметрів окремих її ланок, яка викликана технологічною конструкцією опорно-поворотного пристрою (ОПП). Суттєвим недоліком існуючих регуляторів [1] є складність вибору оптимальних налаштувань параметрів, які часто необхідна задавати з окремих припущень або встановлювати експериментально. Існуючі типи регуляторів базуються на побудові деталізованих математичних моделях об'єкта керування, якими є АС. Таким чином значний період займає розробка та опис математичної моделі, яка характеризує конкретний конструктив ОПП АС [2].

Альтернативою є використання регуляторів на основі нейронних мереж (НМ). З допомогою НМ можна замінити будь-який регулятор, що розрахований аналітичним методом, оскільки для НМ необхідною умовою є лише формування навчаючої послідовності на яких навчається мережа. Представлена навчальна послідовність включає вектор вхідних та відповідних вихідних значень, на основі яких підбираються вагові коефіцієнти та зміщення нейронів кожного шару НМ.

В роботі запропоновано використання інверсної моделі об'єкта АС, в якості регулятора, згідно принципу прямого інверсного керування [3]. Суть даного способу регулювання зводиться до компенсації нелінійної системи, з допомогою нелінійної зворотної моделі системи, що виконана на основі НМ. Оскільки НМ може повністю ідеально відтворити безперервну динамічну систему, то сам принцип регулювання не виконується строго математично. Особливістю інверсної моделі є відтворення вхідного сигналу об'єкта керування, при відомому вихідному сигналі. Тобто постає завдання створення ідентифікаційної моделі об'єкта керування, який

здатний відтворювати динаміку системи. Тому навчена структура НМ здатна відтворювати поведінку об'єкта при вхідних значеннях, для цього формування цільового вектора основане на вихідних значеннях з АС, які створюються при поданні на вхід відповідних сигналів керування. Для роботи була вибрана рекурентна НМ Елмана, яка характеризується локальним зворотнім зв'язком, що охоплює вхідний шар, саме така структура володіє нелінійними властивостями, що наближає НМ до типу АС. Вхідний НМ шар має сигмоїдальну функцію активації, вихідний – лінійну. В ході роботи було встановлено що оптимальна кількість нейронів для прихованого шару -17, оскільки при збільшенні нейронів не спостерігалось покращення якості роботи системи.

Вектор для навчання складається із двох вхідних значень: реальне вихідне значення із СК, яке проходить через диференціатор, таким чином отримуємо актуальну швидкість, другий – сигнал затриманий на одиницю і також проведений через лінію диференціатора, що дозволяє отримати значення швидкості на один крок назад. Цільовий вектор містить значення реального встановлення кута.

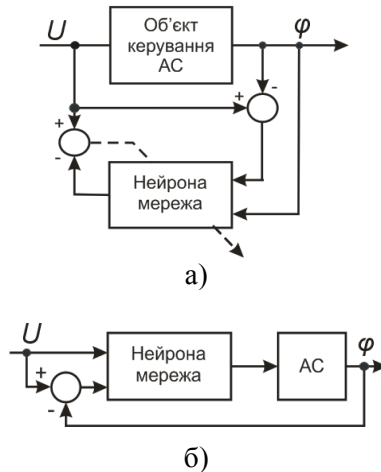


Рис.1 – Принцип побудови прямого інверсного керування із використанням сигналу розузгодження по положенні: а) навчання інверсної моделі, б) використання НМ в якості регулятора

Навчання проводили за 1000 ітерацій, при цьому час склав 10хв. 7с., помилка навчання становила 1,63.

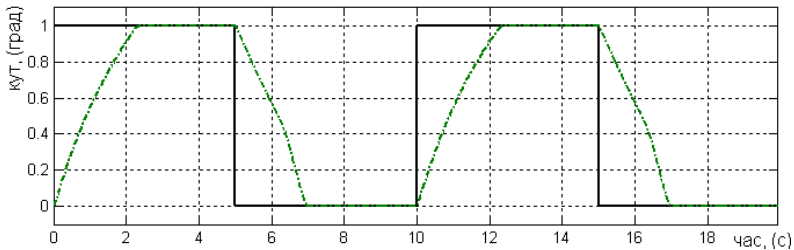


Рис. 2 – Результати роботи регулятора на основі рекурентної НМ Елмана

Запропонований спосіб використання НМ для прямого інверсного керування у контурі наведенням АС не потребує процедури налаштування регулятора, оскільки використано навчання відтворення динаміки керування, навчальна послідовність формується безпосередньо при функціонуванні системи. Достовірність запропонованого методу підтвердена моделюванням, а також результатами керування реальним об'єктами.

### Список літератури

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т.3 //: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. Н. Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000.
2. Паламар М.І. Керування слідкуючими антенами із невизначеними динамічними параметрами для супроводу низькоорбітальних космічних апаратів. Автоматика, вимірювання та керування. Вісник ДУ “Львівська політехніка”. - 2006. - № 401. - с.32-38.
3. Shigeru Omata, Marzuki Khalid, Yusof Rubiya Neuro-control and its applications. M: Radio, 2000. 272.