

УДК 681.51, 621.3.07

**Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Оксана Гнатюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ В КОНТУРІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ІЗ НЕВИЗНАЧЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Michael Palamar, Michael Strembitsky, Oksana Hnatiuk**

### **TRIAL OF NEURAL NETWORKS IN THE SYSTEM CIRCUIT MANAGE DYNAMIC OBJECTS WITH UNCERTAIN PARAMETERS**

Опорно-поворотний пристрій (ОПП) антенної системи (АС) для супроводу низькоорбітальних космічних апаратів (КА) містить: електромеханічний привід, давачі положення, систему керування.

Точність наведення АС із параметрами, невизначеність яких зумовлена нестабільністю електромеханічних приводів, зміною динамічного навантаження, люфтами у механічних вузлах, залежить від вибору типу та способу налаштування роботи регулятора.

Математична модель, що описує систему автоматичного керування (САК) наведенням АС, має вигляд:

$$\begin{aligned}\dot{\varphi} &= \omega_y \\ \dot{\omega}_y &= -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta\end{aligned}\quad (1)$$

де  $\varphi$  – кут відхилення від заданої траєкторії,  $\omega_y$  – кутова швидкість обертання навколо вертикальної осі,  $\delta$  – кут повороту навколо вертикальної осі,  $T_s$  – постійна часу,  $K$  – постійний коефіцієнт.

Антенна система є замкнутою системою автоматичного керування із зворотнім зв'язком, структурна схема якої наведено на рисунку 1.

Передавальна функція АС як складової ланки САК відображає зміну реального кута повороту відносно заданого положення і є інтегруючою ланкою із запізненням (рис.1), постійна часу  $T_s$  якої враховує момент інерції механічних вузлів ОПП.

Електромеханічний привід САК має характер інтегруючої ланки, для якої коефіцієнт  $T_r$  – електромагнітна постійна часу двигуна, яка враховує приведений до валу двигуна момент інерції обертової частини, пусковий момент, а також кутову швидкість холостого ходу. Встановлення АС на заданий кут повороту здійснює давач кутового положення, який у структурній схемі САК АС відображений аперіодичною ланкою першого порядку (рисунком 1).

Класичні системи керування ОПП АС, як правило, містять ПІД-регулятори [1], які, використовуючи лінійну комбінацію пропорційної, інтегральної та диференційної складової мінімізують відхилення значення вихідного сигналу відносно заданого. Проте, налаштування коефіцієнтів ПІД-регуляторів, вимагає попереднього розроблення деталізованої математичної моделі об'єкту керування. Тому використання інших моделей адаптивного керування й, зокрема, рекурентних нейромереж (НМ), які володіють хорошими апроксимуючими властивостями, швидкодією і здатністю до навчання є актуальним завданням.

В роботі показано ефективність застосування нейромережі в контурі САК АС, навчання якої виконувалося шляхом подання на вхід НМ вектору вихідних значень САК і реакцій системи на задану вхідну функцію.

Основним критеріями для порівняння роботи класичних П- та ПІД-регуляторів і нейронної мережі обрано основні динамічні параметри САК, розрахунок яких виконано у середовищі MATLAB. Результати математичного моделювання наведено на рисунку 2.

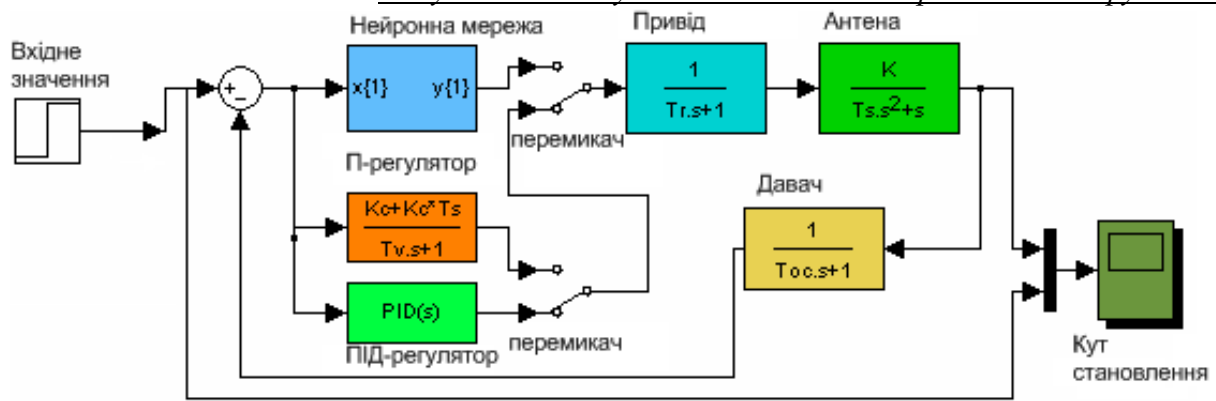


Рис. 1. Модель антенної системи

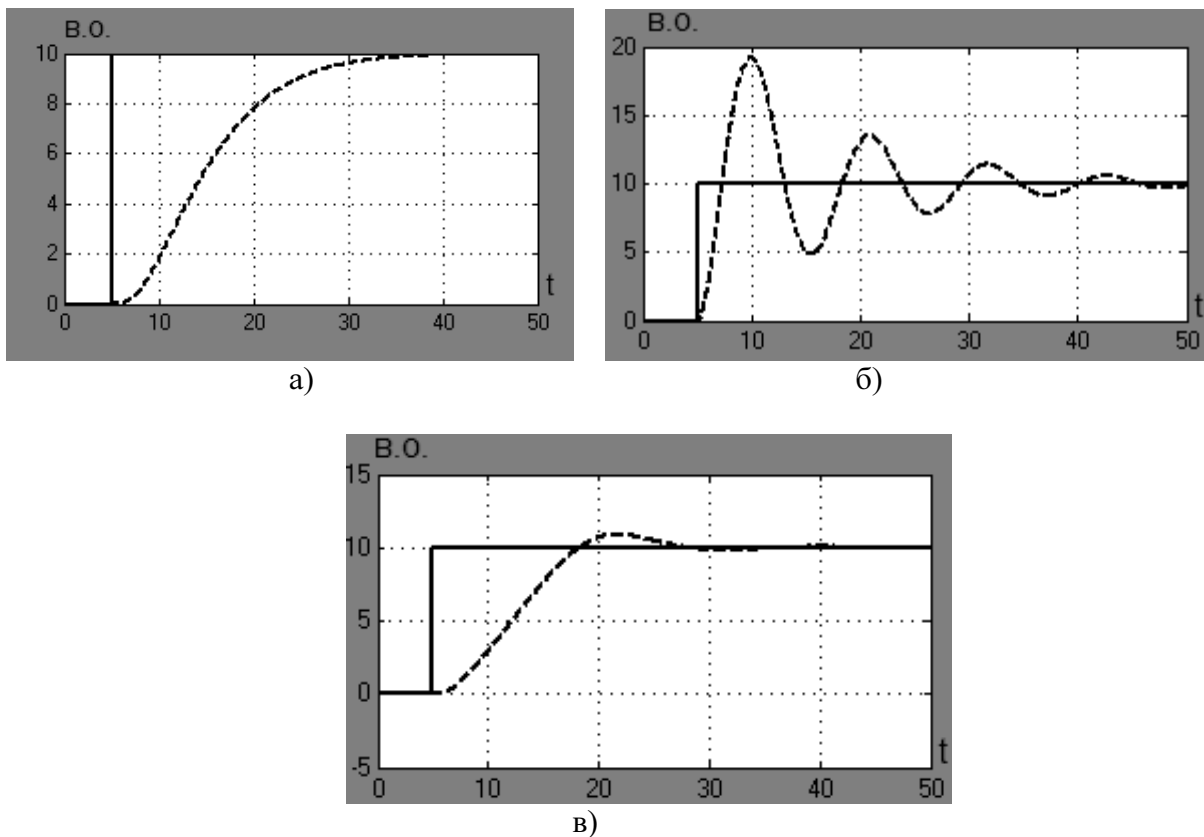


Рис. 2. Результати моделювання: а) П - регулятор, б) ПІД - регулятор, в) нейроконтролер

Результати досліджень показали ефективність застосування нейронної мережі в системі керування АС у порівнянні із класичними П- та ПІД-регуляторами.

### Література

1. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology // IEEE Transaction on Control systems Technology. 2005. Vol. 13. No. 4.