

**В. Б. Струтинський¹, д.т.н., професор,
Л. Г. Козлов², к.т.н., доцент**

¹ Національний технічний університет України «КПІ»

² Вінницький національний технічний університет

ПОБУДОВА АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА МЕХАТРОННОГО ПРИВОДА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖІ УЗАГАЛЬНЕНО-РЕГРЕСІЙНОГО ТИПУ

В промисловості та на транспорті знаходять все ширше розповсюдження робочі мобільні машини з маніпуляторами. Триває процес пошуку схем гідросистем для таких машин, які забезпечують економічну роботу та високу продуктивність (рис. 1).

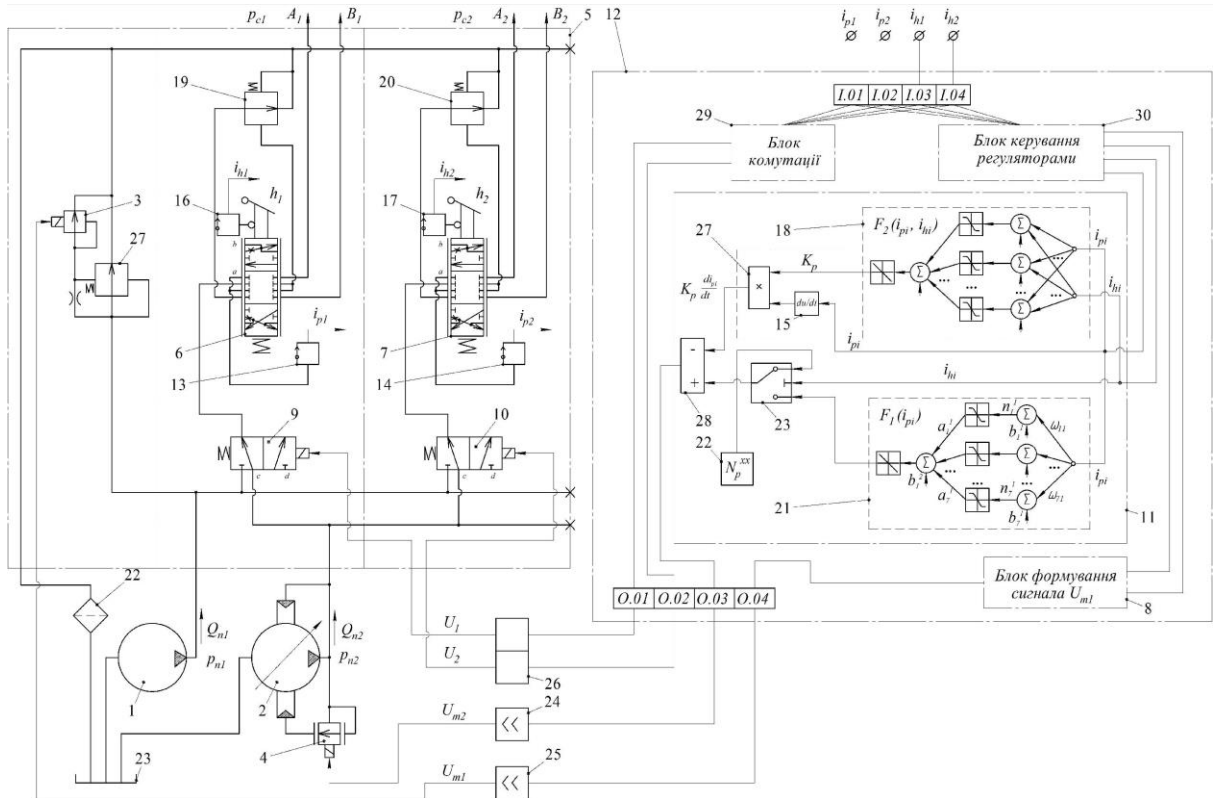


Рисунок 1 – Схема системи мехатронних приводів

Схема включає нерегульований насос 1 з сервоклапаном 3 та переливним клапаном 27, регульований насос 2 з регулятором 4, до яких підключений секційний розподільник 5 з золотниками 6, 7 та релейними золотниками з електромагнітним керуванням 9, 10. До гідророзподільника 5 підключені гідроциліндри маніпулятора. Гідросистема включає контролер 12, який отримує сигнал від датчиків тиску 13, 14, датчиків положення 16, 17 та керує релейними розподільниками 9, 10 через підсилювач 26, сервоклапаном 3 і регулятором 4 через підсилювачі 24, 25. В кожен секцію гідророзподільника 5 включені гальмівні клапани 19, 20 відповідно. Система мехатронних приводів забезпечує одночасну роботу двох любых гідроциліндрів маніпулятора, підключених оператором. Адаптивний регулятор 12 забезпечує оперативну зміну комутації насосів з гідроциліндрами підключеними в роботу (блок 29), а також формування сигналів зворотних зв'язків U_{m1} та U_{m2} (блоки 8, 11, 30), що дозволяють керувати насосами 1 та 2 в залежності від зміни режимів роботи маніпулятора. Адаптивний регулятор 12 побудовано на основі нейромереж 18, 21, та математичних блоків 15, 22, 23, 27, 28, які забезпечують зміну настройки регулятора при зміні режимів роботи маніпулятора. Застосування нейромереж 18 та 21 забезпечує можливість навчання адаптивного регулятора

по базам даних, створених в результаті досліджень робочих процесів в системі мехатронних приводів в статичних та динамічних режимах роботи. Нейромережа 18 забезпечує реалізацію корегуючої складової адаптивного регулятора $k_p \frac{di_{pi}}{dt}$, наявність якої зменшує коливальність мехатронного привода в перехідних процесах [1].

Методика створення бази даних для навчання нейромережі, що реалізує корегуючу складову сигналу зворотного зв'язку в мехатронному приводі наведена в [1]. Навчальна база для нейромережі, що реалізує змінний коефіцієнт передачі корегуючої складової включає дані з відносною середньоквадратичною погрешністю $\delta = 4,5\%$. Це обумовлено врахуванням в математичній моделі інерційних властивостей маніпулятора, які мають нечітко-визначений характер, силами тертя, а також похибками при визначенні залежності часу перехідного процесу від величини коефіцієнту передачі корегуючої складової.

Проведені дослідження по обґрунтуванню вибору типу, структури та параметрів нейромережі для реалізації корегуючої складової сигналу адаптивного регулятора. Застосування нейромережі класичного типу з одним та двома прихованими шарами з числом нейронів, що не перевищувало 8 в кожному із шарів не забезпечує точності вище $goal=10^{-1}$. В якості альтернативи нейромережі класичного типу розглянута нейромережа узагальнено-регресійного типу, яка має два шари. Перший – це радіально-базисний шар з числом нейронів, що дорівнює числу пар навчальних даних. Використовується функція $dist = \|\mathbf{p} - \mathbf{w}\|$, що обраховує відстань між вектором входу \mathbf{p} і вектором вагових коефіцієнтів \mathbf{w} нейрона. В якості функції активації використовується функція $radbas(n) = e^{-n^2}$. Другий шар є лінійним. При навчанні нейромережі основним є параметр $spread$. При малих значеннях $spread$ радіальна базисна функція $radbas$ характеризується різким спадом і діапазон вхідних значень, на які реагують нейрони прихованого виявляється малим. Із зростанням параметра $spread$ нахил радіальної базисної функції стає більш похилим і у цьому випадку вже декілька нейронів реагують на вхідні значення. Тоді на виході нейромережі формується вектор, що відповідає середньому значенню цільових векторів навчальної бази даних, наближених до даного вектора входу. Чим більше значення параметра $spread$, тим більше число нейронів приймає участь у формуванні середнього значення і в підсумку функція, яку генерує нейромережа стає більш плавною. Нейромережа сформована по результатам навчання із використанням баз, що включали 16 та 31 пару даних. При числі нейронів в прихованому шарі $s=16$ нейромережа навчалась при значенні параметра $spread=0,1$, а при числі нейронів в прихованому шарі $s=31$ при значенні параметра $spread=3$. Ефективність роботи нейромереж узагальнено-регресійного типу перевірена на математичній моделі мехатронного привода. Розраховано перехідний процес при ступінчастій зміні навантаження на маніпуляторі при відсутності та при наявності корегуючої складової сигналу адаптивного регулятора, яка реалізована нейромережею узагальнено-регресійного типу з числом нейронів $s=31$ та параметром $spread=3$. Час регулювання при застосуванні корегуючої складової зменшується з 2,6 с до 1,15 с, перерегулювання із 90 до 40 %.

Висновок. Використання узагальнено-регресійної нейромережі є більш ефективним в порівнянні з нейромережею класичного типу з прямим розповсюдженням сигналу при наявності бази із великим значенням відносного середньоквадратичного відхиленням навчальних даних. Адаптивний регулятор на базі узагальнено-регресійної нейромережі забезпечує зменшення часу регулювання та перерегулювання в мехатронному приводі.

Література

1. Козлов Л.Г. Застосування нейромережі для зменшення часу регулювання в мехатронній гідросистемі // Вісник Сумського державного університету. Серія «Технічні науки». – 2013. – № 4 – с. 165-174.