

О. С. ТКАЛЕНКО, аспірант, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
М. Л. БАРАНОВСЬКА, канд. техн. наук, доц.,
В. Д. БАРАНОВСЬКИЙ, д-р філософії, ст. викладач, Д. С. МОСКАЛЕНКО, магістрант
Криворізький національний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ БАРАБАННИХ НОЖИЦЬ СТАНУ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГІБРИДНИХ НЕЙРО-PID РЕГУЛЯТОРІВ

Металургійна галузь є однією з ключових у промисловому секторі України та світу, а ефективність її функціонування безпосередньо визначається рівнем автоматизації технологічних процесів. Серед обладнання прокатних станів особливе місце займають ножиці - агрегати, призначені для різання металевого прокату в потоці виробництва. Від точності та надійності їх роботи залежить якість кінцевої продукції, продуктивність стану та економічність виробничого процесу в цілому.

Забезпечення високої статичної та динамічної точності електропривода ножиць є надзвичайно важливим завданням з кількох причин: недостатня точність позиціонування барабанів безпосередньо призводить до відхилень довжини порізаних заготовок від заданих розмірів, що збільшує обрізь і знижує вихід придатної продукції; динамічні перевантаження, спричинені коливаннями в пружних ланках, зумовлюють значні змінні навантаження на механічні вузли, скорочуючи ресурс роботи обладнання; нестабільність роботи привода ускладнює синхронізацію ножиць зі швидкістю прокатки, що особливо критично на сучасних високошвидкісних станах.

Перспективним напрямом автоматизації барабанних ножиць є застосування гібридних нейро-PID регуляторів на основі штучних нейронних мереж [1-3]. Штучні нейронні мережі, в свою чергу, мають унікальну здатність до апроксимації нелінійних залежностей, навчання на реальних даних і адаптації до змінних умов експлуатації. Гібридна нейро-PID архітектура поєднує переваги обох підходів: класична структура PID-регулятора зберігає фізичну інтерпретованість і стійкість системи, тоді як нейронна мережа здійснює інтелектуальне коригування коефіцієнтів регулятора в режимі реального часу або виконує функцію нелінійного компенсатора збурень, у тому числі пружних коливань [1-3].

Штучні нейронні мережі (ШНМ) можуть бути застосовані в якості елементів пропорційно-інтегральних регуляторів електропривода барабанних ножиць для підвищення якості перехідних процесів. Такі нейронні мережі, зазвичай, вбудовують замість підсилювачів у каналах пропорційної, інтегральної та диференційної складових регуляторів. ШНМ можуть мати невелику кількість нейронів прихованого шару (5...10), оскільки фактично вони формують деяку нелінійну залежність між величиною помилки і вихідними величинами окремих складових, яка найчастіше має вигляд функцій, близьких до гіперболічного тангенсу або арктангенсу зі змінним коефіцієнтом стиснення по осі абсцис. Розроблено спеціалізований алгоритм швидкого навчання ШНМ [1-3].

Процес навчання перевірено для різних конфігурацій об'єкта керування та його параметрів [1-3]. Якість керування оцінювалася за середньоквадратичним відхиленням швидкості від заданої тахограми. Результати також порівнювалися з класичним налаштуванням електропривода постійного струму з підлеглим керуванням. Для досліджень системи отримані нейронні мережі перетворені в типові підсистеми Matlab/Simulink, наприклад, за допомогою пакета nftool, що забезпечує підбір ANN з архітектурою Fitting Neural Network. Система керування з гібридними нейро-PID регуляторами забезпечує точність відпрацювання заданої траєкторії в 20...50 мм у базової системи і 1...2 мм - у системи з нейрорегуляторами.

Список літератури

1. Karanayil B., Rahman M. F. Artificial neural network applications in power electronics and electric drives. In: Power Electronics Handbook. 4th ed. Butterworth-Heinemann, 2018. P. 1245–1260. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811407-0.00041-6>
2. Phu V. N., Tran V. T. Artificial neural network models for large-scale data. In: Management Association I. (ed.). Research Anthology on Artificial Neural Network Applications. IGI Global Scientific Publishing, 2022. P. 112–145. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-2408-7.ch006>
3. Xie J., Bonassi F., Scattolini R. Learning control affine neural NARX models for internal model control design. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. 2024. Vol. 21, No. 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1109/TASE.2024.3479321>