

Виробнича логістика компанії *Alstom* об'єднує 28 Центрив постачання (в тому числі 5 Центрив TGV, що обслуговують високошвидкісні потяги) і 10 майстерень, 3 з яких спеціалізуються безпосередньо на проведенні ТО і ПР TGV). Всі вони функціонують на базі підприємств Національної компанії залізниць Франції (SNCF).

Призначення Центрив постачання (ЦП) ґрунтується на виконанні функцій проектування, виробництва і здачі в експлуатацію нових локомотивів, зміни їх модифікацій, складання планів і програм обслуговування, проведення КР і ПР найвищої складності, контролю якості, безпеки руху, витрат тощо. На них також покладається відповідальність по забезпеченню майстерень необхідними матеріалами для обслуговування ЕРС.

ЦП також здійснюють роботи по встановленню й обслуговуванню обладнання майстерень SNCF, контролюють їх відповідність затвердженим стандартам.

Майстерні SNCF спеціалізуються на проведенні технічного контролю парку рухомого складу. При безпосередньому керівництві ЦП вони організують ТО і ПР незначної складності та сприяють оптимізації взаємодії «обслуговування-експлуатація», а саме забезпечують переміщення допоміжних транспортних засобів, збирання і підготовку рухомого складу до відправлення, своєчасне надання їх користувачам.

УДК 621.316.1

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ

NEURAL NETWORK MODEL FOR MONITORING THE STATE OF LOCOMOTIVE TRACTION ENGINES

*Д.т.н., О. М. Ананьєва, д.т.н., М. М. Бабаєв, к.т.н., М. Г. Давиденко,
к.т.н., В. В. Панченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*О. М. Ananieva, Dr .Sc. (Tech), М. М. Babaiev, Dr .Sc. (Tech),
М. Н. Davydenko, PhD (Tech.), V. V. Panchenko, PhD (Tech.)
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Основна частина парку локомотивів, що експлуатуються на залізничному транспорті України, мають низьку економічність та не можуть забезпечити належного підвищення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів. Частина потенційно активного локомотивного парку знаходиться в непрацездатному стані та потребує значного відновлення. Спостерігається стійка динаміка збільшення експлуатаційних витрат на утримання наявного

парку локомотивів. У короткостроковій перспективі неможливо оновити необхідну кількість активного парку електровозів та тепловозів, тому в АТ «Укрзалізниця» запропоновано відповідні «Базові проекти» їхнього відновлення і модернізації [1].

Для підвищення надійності функціонування локомотивів необхідно мати достовірні відомості про технічний стан їхніх окремих вузлів. Статистичні дані щодо надійності обладнання тягового рухомого складу (ТРС) показують, що велика частка відмов припадає на тягові двигуни (ТЕД) і вона зростає зі збільшенням терміну експлуатації. Ресурс багатьох ТЕД вироблений чи перебуває у стані, наближеному до виробленого. Відмови ТЕД у процесі роботи можуть призвести до незапланованих простоїв та коштовного технічного обслуговування, якщо вони не будуть своєчасно виявлені. Затримки поїздів при пошкодженнях ТЕД призводять до значних економічних збитків. У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення нових методів діагностики ТЕД на основі контролю фактичного стану, що істотно підвищить надійність їхньої роботи.

Без регулярної діагностики неможливо повноцінно оцінити стан залишкового ресурсу двигуна. Перед повною відмовою в ТЕД зазвичай виникають несправності, що зароджуються. Вони мають незначний вплив на роботу двигуна, але в кінцевому підсумку призводять до його повного виходу з ладу. Якщо ці несправності будуть виявлені якомога раніше, можна запланувати планове технічне обслуговування, яке запобігатиме будь-яким незапланованим зупинкам. Отже, в умовах фізичного старіння ТРС, моніторинг та впровадження сучасних методів і засобів діагностування ТЕД на основі контролю їхнього фактичного стану у реальному часі є актуальною науково-прикладною проблемою [1, 2].

Складні умови експлуатації ТЕД привели до створення значної кількості різних систем моніторингу їхнього стану на всіх етапах роботи, що є найважливішим аспектом підтримки їхньої надійності. Моніторинг стану включає в себе безперервний контроль різних параметрів та умов для виявлення будь-яких потенційних проблем чи відхилень у роботі ТЕД, що дає змогу оптимізувати їхню роботу, розширити тривалість життя та мінімізувати час простою [3-5].

Для вирішення поставленої проблеми розроблено багатошарову нейронну мережу з прямою передачею сигналу і зворотним розповсюдженням помилки.

Розглянуто її архітектуру, принципи побудови, навчання, перевірки на адекватність. Запропонована нейромережева модель дає змогу контролювати працездатний стан ТЕД постійного струму та визначати їх пошкодження у реальному часі.

[1] Концепція (прогнозна) роботи з парком локомотивів АТ «Укрзалізниця» до 2033 року. URL: <https://www.railway.supply/wp-content/uploads/2021/08/konczepczyia-2033.-yak-ukrzalizniczya-planu%D1%94-zabezpechuvati-sebe-lokomotivami.pdf>

[2] Математична модель процесу розповсюдження високочастотних сигналів у колах живлення тягових двигунів постійного струму / С. В. Панченко, О. М. Ананьєва, М. М. Бабаєв, М. Г. Давиденко, В. В. Панченко. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 1. С. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.18664/iksz.v28i1.276286>.

- [3] He, X., Ju, Y., Liu, Y., Zhang, B. (2017). Cloud-Based Fault Tolerant Control for a DC Motor System. *Journal of Control Science and Engineering*, 2017, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5670849>
- [4] S. Munikoti, L. Das, B. Natarajan and B. Srinivasan. Data-Driven Approaches for Diagnosis of Incipient Faults in DC Motors. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Vol. 15, No. 9, pp. 5299-5308, Sept. 2019, doi: 10.1109/TII.2019.2895132.
- [5] S Zhang, J., Zhan, W., & Ehsani, M. (2018). On-line diagnosis of inter-turn short circuit fault for DC brushed motor. *ISA Transactions*, 77, 179-187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2018.03.029>

УДК 621.314

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ**

**INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC
DRIVE WITH FREQUENCY CONVERTER**

К.т.н., В. П. Нерубацький, аспірант Д. А. Гордієнко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V. P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), D. A. Hordiienko, Postgraduate student

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На сучасному залізничному тяговому рухомому складі широко використовуються асинхронні електродвигуни (АД). Найбільш часто для регулювання швидкості та обертового моменту АД використовуються перетворювачі частоти, які працюють з синусоїдальною або просторово-векторною широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) [1, 2].

Підвищення енергоефективності асинхронного електроприводу є важливим напрямком розвитку електротехніки та електромеханіки. Підвищення ККД асинхронних електродвигунів пов'язано зі збільшенням полюсів, зниженням опору обмоток та збільшенням коефіцієнта потужності [3, 4]. Крім того, для забезпечення максимального ККД асинхронного двигуна раціональним є його використання з повним (номінальним) навантаженням.

Важливим також є підвищення ККД перетворювачів частоти в асинхронному електроприводі [5, 6]. Зниження втрат потужності в системі «перетворювач частоти – асинхронний двигун», крім конструктивних методів, може бути досягнуто за рахунок застосування алгоритмічних методів (системи керування або режими роботи). Більшість загальнопромислових перетворювачів частоти мають можливість конфігурації та завдання частоти модуляції. При збільшенні частоти модуляції збільшуються втрати потужності в силових ключах автономного інвертора напруги (АІН). У той же час при збільшенні частоти комутації покращується синусоїдальність фазного струму інвертора, внаслідок чого знижуються додаткові втрати потужності в обмотках АД від вищих гармонік.

Спотворення фазного струму з коефіцієнтом гармонічних спотворень 50 % спричиняє збільшення втрат потужності в електричній мережі приблизно на