ВІДГУК ОПОНЕНТА

БОДНАРА БОРИСА ЄВГЕНОВИЧА

на дисертаційну роботу ПАЧЕНКА Владислава Вадимовича

«Розвиток наукових основ формування ресурсозберігаючих методів, технологій та технічних засобів експлуатації локомотивів»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Аналіз дисертаційного дослідження Владислава Вадимовича Панченка дозволяє обґрунтовано охарактеризувати ключові аспекти виконаної роботи, зокрема її наукову та практичну значущість, рівень актуальності обраної тематики, структурну цілісність викладення матеріалу, а також ступінь новизни отриманих результатів. Комплексне узагальнення положень дисертації дає підстави для формулювання об'єктивної та виваженої оцінки наукової роботи, яка представлена до публічного захисту, з урахуванням повноти розкриття досліджуваної проблеми, обґрунтованості висновків і відповідності встановленим вимогам до наукових кваліфікаційних праць.

1. Актуальність теми дисертації. Актуальність теми дисертаційного дослідження обумовлюється сукупністю гострих системних викликів, з якими стикається залізничний транспорт України у сучасних умовах. Йдеться не лише про економічний чи логістичний вимір, де залізниця традиційно виконує роль ключового транспортного артерії, а й про стратегічне значення її стабільної роботи для забезпечення обороноздатності держави та підтримки внутрішньої стійкості в умовах збройної агресії. Крім того, функціонування галузі обтяжене глибокими структурними проблемами: значним фізичним та моральним зносом локомотивного парку, дефіцитом фінансування, високими експлуатаційними витратами, а також відставанням у впровадженні інновацій.

Утім, актуальність проблематики не обмежується технічною площиною. В енергетичному контексті залізнична галузь є потужним споживачем як електроенергії, так і дизельного пального, що створює критичні ризики в умовах

воєнної турбулентності, логістичних обмежень і цінової нестабільності. Зменшення енергоспоживання стає не лише інструментом оптимізації витрат, а й важливою складовою енергетичної безпеки. Водночас технічний стан інфраструктурних об'єктів, включаючи системи електропостачання та колійне господарство, не відповідає сучасним вимогам, що зумовлює потребу в переході до цифровізованих і адаптивних методів контролю технічного стану локомотивів. Таким чином, обране дисертантом наукове спрямування повністю відповідає як внутрішньодержавним потребам реформування залізничної галузі, так і зовнішнім імперативам сталого розвитку, що робить дослідження своєчасним, глибоко обґрунтованим і практично значущим у стратегічній перспективі.

2. **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** В дисертаційній роботі реалізовано комплексне та глибоке вивчення особливостей функціонування тягових електродвигунів локомотивів, з акцентом на аналіз електромагнітних процесів та вивчення ефективності систем моніторингу їх технічного стану. Ключовим підходом до розв'язання поставлених задач стало використання імітаційного моделювання та сучасного математичного апарату, що дозволило забезпечити багаторівневу оцінку динамічних режимів роботи тягових електроприводів, зокрема частотно-регульованих асинхронних двигунів. У дослідженні синтезовано класичні методи електротехніки – включно з теорією електричних кіл та машин, диференціальними рівняннями, спектральним аналізом, гармонічним аналізом, чисельними методами розв'язання систем рівнянь – із сучасними підходами до цифрової обробки сигналів. Це дало змогу забезпечити адекватне моделювання як стандартних, так і аварійних режимів роботи електродвигунів у середовищах, насичених електромагнітними завадами.

У роботі застосовано різні програмні середовища для реалізації математичних та імітаційних моделей, проведення розрахунків і перевірки їхньої достовірності. Зокрема, було отримано перехідні процеси, визначено спектральні характеристики сигналів та розроблено методики виявлення інформативних діагностичних параметрів, що зберігають надійність в умовах дії

електромагнітних завад. Запропоновані підходи адаптовано до особливостей як тягових електродвигунів змінного, так і постійного струму, з урахуванням різних режимів навантаження та специфіки їх конструкцій. Практична значущість отриманих результатів підтверджується економічною ефективністю рішень: доведено зменшення кількості експлуатаційних відмов, підвищення надійності роботи тягового рухомого складу, а також оптимізація його використання у виробничих умовах. Результати дослідження впроваджено, зокрема на АТ «Укрзалізниця», що засвідчує прикладну цінність і високу ступінь готовності розроблених рішень до практичного застосування.

3. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій. У дисертаційному дослідженні суттєво поглиблено наукові підходи до розробки та впровадження ресурсозберігаючих технологій. Основну увагу зосереджено на створенні інтелектуально-адаптивної системи технічного обслуговування, яка базується на впровадженні сучасних методів технічного діагностування, цифрового моніторингу та автоматизованого контролю функціонального стану тягових електродвигунів. Інноваційність технічних рішень полягає у створенні завадостійких систем, здатних здійснювати динамічний контроль за параметрами роботи тягових електродвигунів із подальшою аналітичною обробкою цих даних у реальному часі. Це дає змогу не лише виявляти потенційні відхилення від нормативних режимів, а й прогнозувати залишковий ресурс вузлів з урахуванням умов експлуатації. Такий підхід закладає основу для трансформації традиційної моделі технічного обслуговування в гнучку систему, що дозволяє суттєво скоротити витрати на ремонт, зменшити ризики аварійних ситуацій, продовжити життєвий цикл рухомого складу та підвищити загальну ефективність транспортної інфраструктури. Найбільш цінними з точки зору новизни є наукові результати:

Вперше:

– розроблено математичну модель електричних перехідних процесів у частотно-керованому асинхронному ТЕД, що дозволило провести аналітичний та

числовий опис технічного стану обмоток статора АД шляхом аналізу спектрального складу струму ПЧ – АД;

– розроблено імітаційну модель АД, яка дозволяє виконати аналіз пускових та несиметричних режимів роботи для формування зразкових баз даних системи моніторингу його технічного стану в процесі експлуатації;

– запропоновано завадостійкий метод моніторингу та контролю технічного стану асинхронних ТЕД в умовах дії складних завад, що дозволило виявляти пошкодження ТЕД на ранній стадії їх утворення;

– синтезовано пристрій оцінювання параметрів зондувального синусоїдного сигналу, адитивно змішаного з одиночною імпульсною завадою, що дозволило виявляти пошкодження обмоток асинхронного ТЕД у реальному часі;

– запропоновано метод моніторингу ТЕД постійного струму, який базується на введенні в кола живлення двигунів зондуючого гармонічного сигналу і спостереження викликаного ним струму, що дозволило вчасно виявляти їх можливі ушкодження в процесі експлуатації та вживати заходів щодо їх усунення;

– розроблено математичну модель процесу розповсюдження зондувальних сигналів, що дозволило провести аналітичний та числовий опис їхніх параметрів у будь-якій частині схеми заміщення тягового двигуна постійного струму і виконати синтез пристрою контролю його технічного стану під час експлуатації в умовах дії завад.

Дістали подальшого розвитку:

– імітаційна модель процесу векторного керування асинхронним ТЕД, що дозволило дослідити результати впливу аварійних режимів експлуатації двигунів на їхні енергетичні показники, робочі характеристики та життєвий цикл;

– синтез нейрорегулятора NARMA-L2 для системи векторного керування ТЕД, що дозволило визначити показники регулювання частоти обертання та електромагнітного моменту ТЕД як в перехідних процесах, так і при стрибкоподібному накиданні навантаження з метою оптимізації режимів роботи двигуна.

Удосконалено:

– пристрій оптимального приймання зондуючого сигналу обмоток тягових двигунів на тлі адитивної п'ятикомпонентної завади, що дозволило визначити їхні характеристики та здійснювати моніторинг технічного стану ТЕД під час експлуатації;

– систему моніторингу електрообладнання локомотивів, що дозволило підвищити її завадостійкість і точність контролю технічного стану ТЕД в реальному часі та енергоефективність в умовах локомотивного депо.

Багато запропонованих методів і моделей (імітаційних, моніторингових, розпізнавання завад, нейрорегуляторів) мають безумовну наукову новизну і практичну цінність.

4. Практичне значення результатів дисертаційного дослідження. У дисертації обґрунтовано концепцію побудови завадостійкої інтегрованої системи моніторингу технічного стану тягового електрообладнання локомотивів, яка здійснює вимірювання в реальному часі. В роботі проведено синтез методів цифрової обробки сигналів, електромагнітного моделювання, технічного діагностування та системного аналізу, що дозволило підвищити точність і достовірність виявлення технічних відхилень. Зокрема, створені імітаційні моделі для оцінювання стану тягових електродвигунів у різних режимах, що дає змогу формувати еталонні бази діагностичних даних. Отримані результати дозволили оптимізувати режими роботи тягових електродвигунів з метою зменшення енергоспоживання, а також реалізувати прогностичне обслуговування з попередженням аварій. Удосконалено також конструкцію індуктивного колійного датчика (патент України №127127), придатного до застосування у системах автоматизованого контролю. Практичну значущість запропонованих рішень підтверджено їх впровадженням у виробничу діяльність АТ «Укрзалізниця» та в освітній процес УкрДУЗТ.

5. Повнота викладу в опублікованих працях здобувача основних положень дисертації, висновків і пропозицій. У дисертаційному дослідженні представлено цілісно побудовану структуру, що відображає послідовність наукових етапів роботи, з дотриманням вимог до термінологічної точності у сфері технічних наук.

Наукові досягнення, отримані в ході виконання дослідження, ґрунтовно висвітлено у 36 публікаціях, що відображають ключові результати, новизну та практичну цінність проведених досліджень. З них до основних наукових напрацювань належать 21 публікація, серед яких: 16 статей надруковано у вітчизняних фахових журналах; 4 роботи індексовано в авторитетних міжнародних базах Scopus і Web of Science, включаючи три публікації в журналах Q3 Scopus і одну — у журналі з бази Web of Science Core Collection; ще одна стаття опублікована в міжнародному науковому журналі; зареєстровано патент України на винахід, що підтверджує технічну унікальність запропонованих рішень. Додатковий науковий доробок включає 15 публікацій.

Наукові положення та результати дисертації були неодноразово представлені на провідних галузевих конференціях. Загалом проведено апробацію на 12 конференціях національного та міжнародного рівнів в Києві, Харкові, Львові, Сєвєродонецьку та за кордоном.

Реферат повністю відповідає основним результатам дисертаційного дослідження та узгоджений із його висновками. Весь комплекс наукових публікацій, апробацій та отриманих результатів підтверджує завершеність дисертаційної роботи й підкреслює особистий внесок здобувача у розвиток технічної науки, зокрема в напрямі енергоефективних технологій та ресурсозбереження на залізничному транспорті.

6. Відсутність у дисертації та наукових працях, які розкривають її результати, академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертації, рефераті та наукових працях, в яких висвітлені наукові результати дисертаційного дослідження Панченка Владислава Вадимовича, не виявлено. Крім того, усі наукові статті здобувача пройшли обов'язкову перевірку на відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації відповідними рецензентами, редколегіями, вченою радою.

7. Оформлення дисертації та реферату. Дисертація є завершеною науковою працею. Зміст сформульованих наукових задач структурно-логічно узгоджений,

їх кількість можна вважати достатньою для розкриття обраної теми дисертації і вирішення поставленої мети. Здобувач дотримується логічного та структурованого викладення матеріалу. Запропоновані методичні підходи є такими, що дозволяють проводити конкретні розрахунки. Отримані наукові положення сформульовано коректно, за кожним з них визначено наукові результати, сутність їх новизни та її ступінь. Реферат повною мірою віддзеркалює структуру, основні положення й висновки дисертації. Робота оформлена відповідно до чинних нормативних вимог.

8. **Зауваження та дискусійні положення.** У цілому, позитивно оцінюючи наукове та практичне значення одержаних в роботі результатів , слід вказати на деякі дискусійні положення, що мають місце в дисертації:

- **у розділі 1** розглянуто сучасні тенденції розвитку ресурсозберігаючих технологій у транспортній галузі. З огляду на стрімкий прогрес інтелектуальних систем, особливу увагу варто було приділити більш детальному застосуванню технологій інтернету у системах моніторингу технічного стану тягового рухомого складу. Застосування сучасних технологій дозволяє підвищити ефективність профілактичного обслуговування, зменшити аварійність і оптимізувати енергоспоживання завдяки інтеграції з хмарними платформами для обробки великих даних;

- **у розділі 2** досліджено електромагнітні процеси в асинхронному електродвигуні (АД) у різних режимах роботи, проте не зазначено як саме впливає не симетрія напруги на роботу асинхронного ТЕД. Не симетрія напруги призводить до появи додаткових гармонік у струмах статора, що викликає нерівномірне нагрівання обмоток, зниження крутного моменту та погіршення загальної ефективності двигуна;

- **у розділі 3** дослідженню роботу тягових електродвигунів і систем моніторингу в умовах впливу завад, зокрема імпульсних. Проте, не наведені приклади виникнення такого типу завад в реальних умовах експлуатації. Такі завади здатні спотворювати сигнали датчиків, що ускладнює точне діагностування технічного стану ТРС;

- **у розділі 4** представлено розробку завадостійкого пристрою для оптимального приймання зондувального сигналу, призначеного для контролю технічного стану асинхронних ТЕД. Однак потребує конкретизації чисельна оцінка його завадостійкості, наприклад визначення коефіцієнта придушення імпульсних завад;

- **у розділі 4** визначено узагальнений критерій ефективності системи автоматичного управління (САУ) ТРС. В цьому контексті потребує роз'яснень від чого саме залежатиме кількість інформації, одержуваної САУ в процесі контролю та управління об'єктом, а це і частоти дискретизації сигналів, і рівень завад у каналах передачі інформації та інші фактори;

- **у висновках 2-14** немає чіткої згадки про практичне впровадження результатів. Доречно було б додати 1–2 речення про можливість чи перспективи практичного застосування (наприклад: "Розроблений метод може бути використаний у системах технічного обслуговування локомотивів в депо...").

- **у висновку 13** описуються хороші результати імітаційного моделювання, але згадується про пульсацію напруги Usq без вказівки наслідків або шляху її зменшення. На нашу думку необхідно було зазначити, чи потребує ця пульсація подальших досліджень або оптимізації.

Разом з цим слід зазначити, що використання сучасних інструментів: MathCAD, MATLAB, ANSYS, Deep Learning Toolbox – свідчить про високий рівень володіння сучасними засобами дослідження. Наведено точні похибки моделей, діапазони частот, а ймовірності помилок підвищують довіру до висновків.

9. Висновки. Окремі зауваження, що виникли під час рецензування дисертаційної роботи, не впливають на її загальну наукову цінність і жодним чином не зменшують високого рівня виконаного наукового дослідження.

Дисертація Владислава Вадимовича Панченка відзначається цілісністю структури, завершеністю логічного викладу та самостійністю наукового мислення, що виявляється у глибокому аналізі проблеми та аргументованості запропонованих рішень.

Представлене дослідження забезпечує розв'язання важливої прикладної проблеми в галузі залізничного транспорту, має загальнонаціональне значення та є вагомим внеском у наукову і практичну базу наукових робіт з ресурсозбереження та підвищення надійності при експлуатації тягового рухомого складу.

Отримані результати створюють наукову основу для подальшого розвитку методів діагностування технічного стану тягових електродвигунів та підвищення енергоефективності залізничного транспорту

Зміст дисертації на тему «Розвиток наукових основ формування ресурсозберігаючих методів, технологій та технічних засобів експлуатації локомотивів» відповідає вимогам та змісту спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць і тяга поїздів, згідно з офіційним паспортом наукової спеціальності.

Дисертація відповідає вимогам п. 7, 8 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою КМУ №1197 від 17 листопада 2021 року (зі змінами), а її автор - Панченко Владислав Вадимович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Опонент:

завідувач кафедри «Локомотиви», Українського
державного університету науки і технологій,
Заслужений працівник освіти України,
доктор технічних наук, професор **Борис БОДНАР**

Засвідчую підпис
Учений секретар
Тетяна Радевич