

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 08.084.06 Дніпровського інституту
інфраструктури і транспорту
Українського державного університету
науки і технологій
д.т.н., проф. Боднару Борису Євгеновичу
49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

Сінчука Олега Миколайовича

(Криворізький національний університет)

на дисертаційну роботу

Шила Сергія Івановича

«Підвищення ефективності тягової передачі електропоїздів постійного
струму»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт

1. Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Шила Сергія Івановича виконана відповідно до вимог, установлених до кваліфікаційних наукових досліджень на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Вона присвячена вирішенню важливої науково-технічної задачі, пов'язаної з підвищенням енергоефективності тягової передачі електропоїздів постійного струму шляхом впровадження сучасних схем імпульсного керування з адаптивною структурою.

Особливістю роботи є орієнтація не лише на покращення енергетичних показників, але й на практичну можливість реалізації рішень в умовах

існуючої інфраструктури та високого зносу рухомого складу, що робить дослідження вкрай актуальним для української залізниці.

Робота має логічну структуру, яка охоплює всі етапи наукового дослідження – від аналітичного огляду, постановки задач до розробки технічних рішень, комп'ютерного моделювання, експериментальної перевірки та впровадження.

Загальний обсяг дисертації становить 156 сторінок машинописного тексту, робота містить 53 рисунки, 5 таблиць, список використаних джерел з 83 найменувань, 3 додатки.

2. Актуальність теми дослідження

В умовах значної зношеності рухомого складу, магістрального залізничного транспорту в Україні та обмеженого фінансування з боку держави, а також з необхідності підвищення ефективності використання енергоресурсів, актуальність розробки нових схем в тому числі енергоефективних на принципах імпульсного регулювання частоти обертів тягових електродвигунів є беззаперечною.

У наявних електропоїздах широко використовуються морально застарілі реостатно-контакторні системи пуску, які мають низький коефіцієнт корисної дії, не дозволяють реалізовувати сучасні алгоритми захисту та гальмування.

Робота Шиля С.І. спрямована на розробку технічних рішень, що дозволяють забезпечити керування тяговими двигунами послідовного збудження з характеристиками, подібними до двигунів з незалежним збудженням, – без використання додаткових джерел живлення. Запропонована концепція дозволяє суттєво знизити енергоспоживання, покращити стабільність руху, реалізувати режим рекуперативного гальмування.

Такі підходи повністю відповідають сучасним світовим тенденціям у розвитку електротранспорту.

3. Зв'язок теми дисертації з науковими програмами

Робота виконана в рамках держбюджетної теми ДБ 03715 «Енергоощадне керування експлуатаційними характеристиками та параметрами систем електричної тяги автономного електрорухомого складу» (№0115U002567), а також кафедральної теми №03418 «Дослідження системи прогнозування енергоефективності та діагностики високовольтного обладнання».

Крім того, окремі результати використовувались при виконанні проектних і дослідницьких робіт на підприємстві ТОВ «НДІ Перетворювач», що свідчить про безпосередній зв'язок з потребами виробництва.

4. Мета та задачі дослідження

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності тягових передач електропоїздів постійного струму шляхом розробки нових алгоритмів керування та схем технічної реалізації з використанням імпульсних перетворювачів зі змінною структурою.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- Проведено аналіз існуючих та перспективних схем побудови тягових електропередач;
- Розроблено нову імпульсну схему керування з адаптивною структурою;
- Створено комп'ютерні моделі тягового електроприводу;
- Проведено дослідження електромеханічних процесів у динамічних режимах;
- Розроблено алгоритм захисту від буксування;
- Проведено експериментальну перевірку на лабораторному стенді;
- Сформульовано рекомендації щодо впровадження у практику.

5. Структура та зміст дисертації

Дисертація складається з чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У першому розділі подано аналітичний огляд сучасного стану тягових електропередач електропоїздів постійного струму. Обґрунтовано доцільність використання імпульсного керування. Наведено огляд сучасної напівпровідникової елементної бази, проведено критичний аналіз переваг та недоліків відомих схем. Особливу увагу приділено експлуатаційним умовам українських залізниць, що суттєво впливають на вибір технічних рішень.

Другий розділ присвячено безпосередньо розробці нової схеми тягового електроприводу на базі двигуна послідовного збудження та імпульсного перетворювача з адаптивною структурою. Детально описано принцип її роботи в пускових, сталих та гальмівних режимах. Побудовано математичні моделі електромеханічної системи. Значна увага приділена аналізу струмів, напруг, реакцій на перехідні процеси.

У третьому розділі подано результати комп'ютерного моделювання електромеханічних процесів. Автором запропоновано новий алгоритм захисту від буксування, який базується на контролі швидкості обертання колісних пар. Отримані графіки струмів, моментів, швидкостей підтверджують ефективність розробленої системи керування. Проведено розрахунок теплових навантажень, що дозволяє визначити вимоги до охолодження силових модулів.

Четвертий розділ містить порівняльний аналіз ефективності розробленої системи з альтернативними рішеннями на базі асинхронного приводу. Автор доводить, що для умов приміського електротранспорту запропоноване рішення є доцільним з точки зору співвідношення «вартість–ефективність». Подано рекомендації щодо модернізації перетворювачів живлення власних потреб.

6. Наукова новизна

У дисертації отримано ряд науково нових результатів, зокрема:

- Вперше розроблені та досліджені нові алгоритми, що дозволяють методом змінної структури імпульсного перетворювача, на відміну від існуючих, формувати статичні та динамічні характеристики двигуна постійного струму з послідовним збудженням аналогічні двигунам з незалежним збудженням без застосування допоміжних джерел живлення та підвищити техніко-економічні показники тягового електроприводу;

- Вперше розроблено алгоритм, який дозволяє засобами силової електроніки у тяговому перетворювачі зі змінною структурою реалізувати швидкодіючий захист від режимів ковзання та боксування послідовно з'єднаних двигунів послідовного збудження, що сприяє покращенню тягових характеристик приводу.

- Вперше методом комп'ютерного моделювання досліджено новий алгоритм захисту від ковзання ходових коліс тягового приводу та отримані нові залежності параметрів двигунів (струму, напруги, швидкості) від коефіцієнту зчеплення.

- Отримала подальший розвиток методика порівняльного вибору напівпровідникових приладів, яка, на відміну від існуючої, враховує реальні коефіцієнти теплового стану та втрати потужності;

- Отримав подальший розвиток метод дослідження теплових процесів систем напівпровідник-охолоджувач, який, на відміну від існуючих, враховує повну модель конструкції охолоджувачів, яка входить в модель імпульсного перетворювача.

Отримані автором ці результати мають важливе значення як для наукової теорії, так і для практики електротранспорту.

7. Практична значущість результатів

Практична цінність роботи полягає в розробці і реалізації технічних рішень, що дозволяють модернізувати електропоїзди постійного струму без значних капіталовкладень. Результати впроваджено у проекти ТОВ «НДІ Перетворювач», використано в модернізації електровозів, дизель-поїздів, а також у приводах кранового обладнання.

Окрім того, напрацювання були адаптовані до освітнього процесу, що дозволяє підвищити якість підготовки фахівців у сфері електротранспорту.

8. Достовірність результатів

Достовірність отриманих результатів підтверджується:

- адекватністю математичних моделей;
- збігом результатів моделювання та експериментальних даних;
- стендовими випробуваннями на лабораторному обладнанні потужністю 3,8 кВт;
- впровадженням у діючі системи електроприводу на підприємствах.

9. Особистий внесок здобувача

Усі теоретичні положення, математичні моделі, алгоритми керування та результати моделювання виконано особисто здобувачем. У роботах, написаних у співавторстві, внесок Шиля С.І. чітко визначено. Також саме автор проводив обчислювальні експерименти, аналізував результати, брав участь у впровадженні технічних рішень на підприємствах.

10. Апробація результатів дослідження

Основні результати дослідження доповідалися на низці науково-технічних конференцій, зокрема:

- Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні проблеми електроенергетики та автоматики»;
- Міжнародна конференція CADSM 2019 (Scopus);

- Міжнародна конференція ELNANO 2024 (Scopus) та інші.

Здобувачем опубліковано 11 наукових праць, з них:

- 2 – у виданнях, що індексуються Scopus/Web of Science;
- 7 – у фахових виданнях України;
- 2 – матеріали конференцій.

Ці публікації повністю охоплюють зміст дисертаційної роботи та підтверджують її апробацію в науковому середовищі.

11. Відповідність автореферату основному змісту дисертації

Автореферат відображає зміст дисертаційної роботи повною мірою. У ньому чітко викладено мету, задачі, наукову новизну, практичну значущість та основні результати, що забезпечує прозорість і доступність для широкого кола науковців.

12. Зауваження

Попри відповідний позитивний рівень виконання роботи, доцільно зазначити певні недоліки, зауваження та побажання :

1. В дисертаційній роботі розглядається конкретна наукова задача – підвищення ефективності взагалі, та енергоефективності зокрема, функціонування варіанту керованості, а конкретніше імпульсного керування, процесом регулювання роботою класичного тягового електроприводу електропоїздів постійного струму.

По суті, це факт необхідної та доцільної модернізації існуючого варіанту тягового комплексу постійного струму. Проте, з позицій наукової перспективи, хотілось би побачити погляди автора, хоча він це дещо і аналізує в Розділі 4 свого дисертаційного дослідження, щодо нових, усучаснених варіантів тягових електромеханічних комплексів не тільки постійного струму, а й інших, з застосуванням такої, або скоріше подібної системи керування.

2. Частина статистичних даних щодо стану рухомого складу подана застарілою; актуалізація підвищила б переконливість аналітичної частини.
3. Експериментальні дослідження проводились на лабораторному стенді обмеженої потужності — бажано продемонструвати перспективи масштабування.
4. Економічний ефект від впровадження описаний загально — варто було б доповнити розрахунками або техніко-економічним порівнянням з альтернативними рішеннями.
5. Зауваження по тексту пояснювальної записки дисертаційної роботи:
 - 5.1. На стор. 81 (рис. 3.5) можна побачити, що пульсації струму зґачно збільшились в модернізованій схемі порівняльно з класичною. А графік моменту майже неможливо розгледіти. Чи не збільшились пульсації моменту й для електромагнітного моменту? Якщо це так – повстає питання негативного впливу на двигун.
Чому обрана (рис.3.5) частота модуляції 300 Гц? Загальновідомо, що з підвищенням частоти модуляції зменшаться втрати в сталі, тому що зменшиться розмах коливань струму якоря двигунів
 - 5.3. На стор. 82 наведений графік залежності швидкості та моменту від часу при пуску за допомогою класичної та модернізованої схем, знятий з експериментального стенду. Чому поряд з ним не приведений такий же графік, отриманий за допомогою моделі? Так, параметри різні в стенді та моделі, але загальний вид графіків було би корисно співставити?
 - 5.4. Чому стверджується, що в модернізованій схемі характеристики серієсних двигунів становяться подібними (Анотація, стор.3 – Наукова новизна) двигунам з незалежним збудженням? В класичній схемі також виглядає як з незалежним збудженням, але з іншим нахилом (см. рис. 3.6)

- 5.5. На стор 83 показаний процес подальшого гальмування після відриву струмознімача та подальшого відновлення напруги живлення. Дуже цікаво – а подальший розгін можливий? Чому не показаний вказаний режим? Можливо через те, що наприкінці відриву струм збудження занадто впав, й подальший розгін небезпечний через велику величину електромагнітного моменту?
- 5.6. На стор. 86 наводиться блок БВНП. Яким чином він формує навантаження двигуну? Наче з записки виходить, що момент пору двигунів другорядний, скоріше усього приймається постійною величиною
- 5.7. Стор. 89. Навіщо гальмівний резистор, якщо працює схема рекуперації енергії? Це додаткові втрати енергії (рис.3.11)
- 5.8. Стор. 90. Рис.3.13. Фільтри добре працюють тільки для визначених параметрів системи, для інших їх треба перелаштовувати. Підтвердженням є значні пульсації струму спочатку гальмування, тобто біля 20% від часу гальмування. На графіку гальмування йде 5.3 с, реальний електропотяг гальмує довше.
- 5.9. Стор. 94. Коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою в роботі приймається як константа, й варіюється в ході обчислювальних експериментів дозволено. Але реальний коефіцієнт зчеплення приймається як складна функція проковзування колеса об рейку. Чому в моделюванні не було врахована саме вказана форма уявлення коефіцієнту зчеплення?
- 5.10. Стор. 108. На рис.4.2 а тягові двигуни називають двохомотковими. Це декілька невдала назва, тому що існують також двохомоткові двигуни однофазного питання. у тексті дисертації зустрічаються поодинокі орфографічні питання та стилістичні неточності, що потребують редакторського доопрацювання. У ряді місць терміни (ДПЗ, ІП, ТЕД тощо) вводяться без пояснення або з запізненням, що ускладнює сприйняття. Треба якось розрізняти

6. Зауваження по автореферату:

- 6.1 Стор. 1-2. В авторефераті значна увага приділяється підвищенню напруги живлення до 4-6 кВ з використанням е-трансформаторів, а в записці основна увага приділена модернізації силової схеми керування тяговим електроприводом без врахування підвищення високовольної напруги.
- 6.2 Стор. 5-6. Тут констатується, що в Україні електропотяги мають виключне реостатно-контакторне керування. Далі речь йде про модернізовану схему імпульсного регулювання ДПС, але ніде не вказане, звідкіля взялася класична схема імпульсного керування.
- 6.3 Стор.13. На рис. 13б графік віддзеркалений відносно його правильного стану.
- 6.4 Стор. 13. Рис. 14а. Різниця швидкостей поміж осями при буксуванні одної осі при нульовому коефіцієнті зчеплення досягає максимум 0.006 в.о., при ввімкненій антибоксовальної системи. Цікаво було би подивитися процеси боксування без вказаний системи.

Указані зауваження не значно знижують загального позитивного враження опонента від позитивного оцінювання дисертаційної роботи.

13. Висновок

Дисертаційна робота Шила Сергія Івановича «Підвищення ефективності тягової передачі електропоїздів постійного струму» є завершеним самостійним науковим дослідженням, яке має суттєве теоретичне та практичне значення, відповідає всім сучасним вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій. зокрема п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами).

Отримані результати мають наукову новизну, підтверджені експериментами, опубліковані в авторитетних виданнях і впроваджені у виробництво, а здобувач Шило Сергій Іванович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

Офіційний опонент

завідувач кафедри електричної інженерії,
д.т.н., професор

О.М. СІНЧУК

Підпис Сінчука О.М. засвідчую

В.о. ученого секретаря

Криворізького національного університету

к.т.н., доцент



М.В. ХУДИК