

Принято до
рукової сесії 13.08.2024
вченої ради PhD 13874
Голова ради проф. Аршавов А.М.
вченої ради PhD 13874
Д.Т.М. 11.11.2024
08.06.2024

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук

доцента Буряка Сергія Юрійовича

на дисертаційну роботу Серченко Максима Сергійовича

«Підвищення завадостійкості рейкових кіл залізничної автоматики шляхом впровадження фільтрів з нанокристалічним осердям»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань

27- Транспорт за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Сучасний етап розвитку залізничного транспорту України, орієнтований на євроінтеграцію та цифрову трансформацію, висуває підвищені вимоги до надійності та безпеки систем залізничної автоматики. Одним із ключових стримуючих факторів є низька завадостійкість рейкових кіл (РК) в умовах інтенсивних електромагнітних завад (ЕМЗ) від систем тягового електропостачання постійного струму. Існуючі методи захисту (фільтри на сталевих осердях, традиційні схеми екранування) є технічно застарілими, мають значні масогабаритні показники та не забезпечують належного придушення широкого спектру гармонік, зокрема на частотах 300, 600, 900 Гц та вище.

Запропоноване в дисертації технічне рішення – впровадження фільтрів з нанокристалічним осердям – є інноваційним та відповідає світовим тенденціям розвитку електромагнітної сумісності (ЕМС). Поєднання цього рішення з інтелектуальними методами діагностики ЕМЗ на основі машинного навчання робить роботу надзвичайно актуальною як з теоретичної, так і з прикладної точок зору. Дисертацію виконано відповідно до стратегії інтеграції Укрзалізниці до Європейського Союзу (ЄС), Концепції розвитку Укрзалізниці до 2030 року, що підтверджує її зв'язок із державними програмами розвитку транспортної інфраструктури.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Метою дисертаційної роботи є підвищення стійкості рейкових кіл залізничної автоматики до електромагнітних завад шляхом застосування фільтрів з нанокристалічним осердям.

Автором отримано низку нових наукових результатів, що вирізняються оригінальністю.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Удосконалено математичну модель електромагнітної взаємодії. На відміну від існуючих, модель представлена у вигляді дванадцятиполюсника, що враховує зв'язок між контактною мережею, двома рейковими нитками, лініями ВЛ СЦБ, ВЛ ПЕ 6(10) кВ та землею. Це дозволило підвищити точність оцінки наведених напруг і струмів завад і стало науковим обґрунтування для розробки методу класифікації електромагнітних завад на базі машинного навчання.

2. Вперше розроблено методи та алгоритми одночасного оцінювання параметрів кодових струмів та ЕМЗ у чотирьох рейкових колах на посту електричної централізації, що створює передумови для переходу від планово-попереджувального обслуговування до обслуговування «за станом» об'єкту.

3. Вперше запропоновано метод класифікації ЕМЗ на основі паралельного застосування згорткової нейронної мережі (CNN) та класифікатора Random Forest (RF) з калібруванням ймовірнісних оцінок, що забезпечує високу достовірність діагностики ($AUC > 0,99$).

4. Вперше науково обґрунтовано та експериментально підтверджено ефективність використання фільтрів з нанокристалічним осердям для підвищення завадостійкості кодових та тональних РК, що дозволяє зменшити масо-габаритні показники та витрати міді в 8...10 разів.

3. Теоретичні та прикладні здобутки

Теоретична цінність роботи полягає в розвитку теорії електромагнітної сумісності на залізничному транспорті, зокрема – в удосконаленні математичних моделей розподілених багатопрвідних систем «тягова мережа – рейкові кола – лінії автоматики». Автором поглиблено теоретичні засади оцінювання впливу вищих гармонік зворотного тягового струму на роботу пристроїв СЦБ.

Практичне значення підтверджується актами про впровадження. Основні результати:

Методи автоматизованого вимірювання параметрів кодового струму та спектру ЕМЗ впроваджено в навчальний процес УДУНТ та в експлуатаційну діяльність Дніпровського метрополітену.

Розроблене програмне забезпечення для класифікації ЕМЗ з використанням CNN та RF може бути використане в системах моніторингу та діагностики.

Виконано техніко-економічне обґрунтування заміни сталевих осердь фільтрів ЗБФ-1 на нанокристалічні: термін окупності додаткових інвестицій становить близько 4 місяців, а чиста економія за 10 років – понад 45 тис. грн на один виріб.

4. Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів

Дисертація має логічну структуру, результати базуються на коректному застосуванні методів теорії електричних кіл, математичного моделювання, цифрової обробки сигналів (FFT) та машинного навчання. Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- збіжністю результатів моделювання (розділ 2) з експериментальними даними та літературними джерелами. Адекватність моделі перевірена за критеріями Фішера ($F=0,965 < F_{кр}=1,109$) та Стьюдента, відносна похибка не перевищує 2,34%;
- проведенням широкомасштабних експериментальних досліджень на діючих об'єктах (пост ЕЦ, перегін, метрополітен) із використанням сучасного сертифікованого обладнання (Hantek 6254 BC, Frinsi 1014D);

5. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

В загалом, опубліковано 21 наукову працю, що повністю розкривають основний зміст дисертаційної роботи та є апробацією результатів, отриманих при підготовці дисертаційної роботи, з яких 6 статей у виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 1 статтю у фаховому журналі категорії «Б». Результати роботи представлені на 8 міжнародних конференціях, зокрема IEEE EMC Europe, АРЕМС, що свідчить про високий рівень експертного схвалення.

6. Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

Попри високий науковий рівень роботи, слід висловити кілька зауважень та рекомендацій:

1. Щодо моделі дванадцятиполюсника тягової мережі одноколійної залізничної дільниці (розділ 2.1). Хоча модель враховує велику кількість провідників, у тексті не достатньо деталізовано, як саме чисельно визначаються коефіцієнти взаємної індуктивності (М) та поперечні провідності (Y) між конкретними елементами (наприклад, між високовольтними лініями високовольтними повздожнього електропостачання (ВЛ ПЕ) та рейками). Як зміниться точність моделі, якщо знехтувати впливом лінії ВЛ ПЕ?

2. Синтетичний датасет для машинного навчання. У розділі 3.4 для навчання моделей CNN та RF використовувався синтетичний набір даних. Чи не призведе це до зниження точності класифікації при роботі з реальними, більш складними та нестаціонарними завадами, які не були змодельовані? Наскільки великим є створений масив реальних записів і чи планується його поповнення для донавчання моделей?

3. Дослідження впливу температури. У роботі детально розглянуто частотні властивості нанокристалічних осердь, але не проаналізовано вплив температури на магнітну проникність та індуктивність фільтрів (хоча в тексті згадується ТКП $\sim 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$). Як змінюється коефіцієнт придушення гармонік фільтром ЗБФ-1 з нанокристалічним осердям у діапазоні температур від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$?

4. У тексті дисертації зустрічаються окремі граматичні помилки та невдалі звороти (наприклад, «подовжна гармоніка ЕРС», стор. 47, 57).

В цілому дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій». Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям транспортних технологій. Після ретельного ознайомлення із дисертаційною роботою Серченко Максима Сергійовича можна зробити висновок, що вона є результатом самостійних досліджень здобувача, не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела. Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

6. Загальний висновок

Дисертаційна робота Серченко Максима Сергійовича є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує актуальну науково-прикладну задачу підвищення завадостійкості рейкових кіл. Робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт, галузь знань 27 – Транспорт.

Рекомендується присудити Серченку Максиму Сергійовичу ступінь доктора філософії за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт» (галузь знань 27 – «Транспорт»).

Доцент кафедри автоматички та телекомунікацій
Українського державного університету
науки і технологій

к.т.н., доцент

Сергій БУРЯК

Підпис засвідчую:

Вчений секретар ННІ "Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту"



[Handwritten signature]