

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук,
доцента Панченко Владислава Вадимовича
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

Сучасний залізничний транспорт функціонує в умовах насиченого електромагнітного середовища. Поруч із системами тягового електропостачання постійного струму (3 кВ) працюють чутливі пристрої сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), які забезпечують безпеку руху поїздів. Проблема полягає в тому, що зворотний тяговий струм, який протікає рейками, містить значний спектр вищих гармонік (300, 600, 900 Гц і вище), що генеруються напівпровідниковими перетворювачами сучасних електровозів. Ці гармоніки накладаються на сигнальні струми рейкових кіл (РК), викликаючи хибні спрацьовування або втрату чутливості.

Автор слушно зазначає, що існуюча нормативна база технічного обслуговування (Інструкція ЦШ-0060) не передбачає моніторингу спектрального складу ЕМЗ, а застосовувані фільтри (ЗБФ-1, ФПМ, РОБС-3А) на сталевих осердях мають низьку добротність, схильні до насичення та не забезпечують надійного захисту. Саме тому розробка нових фільтрів на основі нанокристалічних сплавів (типу FINEMET) у поєднанні з інтелектуальними методами діагностики є надзвичайно актуальною. Дисертаційна робота виконана в межах Концепції розвитку Укрзалізниці до 2030 року, що підтверджує її відповідність державним пріоритетам.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Присвоєно до
рецензії цієї дисертації
Володимир Панченко
Панченко Владислав Вадимович
PhD 13874
PhD 13874
А.М.
2.7.11.1
08.06.26

Достовірність результатів дослідження забезпечується коректним використанням фундаментальних законів електродинаміки (рівняння Максвелла, телеграфні рівняння), методів теорії кіл (матриці R, L, C), чисельного моделювання (розв'язання хвильових рівнянь другого порядку) та сучасних підходів до обробки сигналів (швидке перетворення Фур'є, алгоритми машинного навчання). Особливу цінність становить те, що теоретичні викладки (розділ 2) підкріплені натурними експериментами на реальних об'єктах – посту електричної централізації (розділ 3.2) та в умовах Дніпровського метрополітену (розділ 3.3). Збіжність результатів моделювання (наведена напруга $\sim 20,15$ В) з типовими даними, відомими з літератури, а також перевірка адекватності за критеріями Фішера ($F=0,965$) та Стюдента ($|t|=0,1558$) дають підстави вважати висновки автора цілком обґрунтованими.

3. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукова новизна роботи полягає у розробці та комплексному поєднанні трьох основних інноваційних складових.

По-перше, автор уперше запропонував дванадцятипровідну модель електромагнітної взаємодії, яка охоплює не тільки традиційні елементи (контактна мережа – рейки – земля), але й високовольтні лінії основного та резервного живлення пристроїв СЦБ (ВЛ СЦБ 6/10 кВ, ВЛ ПЕ 6/10 кВ). Це дозволило кількісно оцінити внесок кожного провідника в загальний рівень завад, що раніше не робилося з такою деталізацією.

По-друге, вперше розроблено метод одночасної діагностики ЕМЗ у чотирьох послідовних тональних РК під час руху поїзда (на прикладі станції «Вокзальна» Дніпровського метрополітену). Цей метод дозволив виявити динаміку появи специфічних гармонік 150 Гц та 300 Гц у момент розгону поїзда, що є важливим для ідентифікації джерел завад.

По-третє, автором уперше запропоновано та експериментально підтверджено технічні рішення щодо застосування нанокристалічних осердь для фільтрів кодових і тональних РК. Розрахунок індуктивності тороїдальних

катушок на основі формули (4.3) та експериментальне зняття частотних характеристик (до 200 кГц) довели, що заміна сталевого осердя дозволяє зменшити кількість витків з 1620 до 187, знизити активний опір з 10,2 до 1,18 Ом та підвищити добротність з 5,4 до 47,4.

4. Практична значущість результатів дослідження

Практична цінність роботи не викликає сумнівів. По-перше, розроблені методи контролю параметрів РК і спектру ЕМЗ (з використанням FFT) дозволяють проводити діагностику без перерви в русі поїздів, що є кроком до впровадження системи технічного обслуговування «за станом». По-друге, створено конкретні конструкції фільтрів на нанокристалічних осердях (для ЗБФ-1, ТРК-3, реактора РОБС-3А, режекторних фільтрів для частот 100–300 Гц), які можуть бути безпосередньо використані під час модернізації існуючих систем СЦБ. По-третє, виконано детальне техніко-економічне обґрунтування: вартість одного нанокристалічного фільтра (2049 грн) вища за сталевий (440 грн), однак річна економія від зниження втрат (193 грн) та запобігання збоєм (4500 грн) забезпечує окупність додаткових інвестицій за 4,1 місяця. Цей аргумент є вирішальним для ухвалення рішення про серійне впровадження.

Наявність актів впровадження (Додаток Б) – від КП «Дніпровський метрополітен» та від Українського державного університету науки і технологій – свідчить про реальне використання результатів дисертації як у виробництві, так і в навчальному процесі.

5. Оцінка змісту дисертації та її структури

Дисертаційна робота має класичну структуру: вступ, чотири розділи, висновки, список джерел (138 найменувань) та додатки. Загальний обсяг – 160 сторінок, з яких основний текст викладено на 106 сторінках. Робота містить 65 рисунків та 14 таблиць, що забезпечує наочність отриманих результатів.

У вступі чітко сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження, наукову новизну та практичну значущість.

Розділ 1 містить ґрунтовний аналітичний огляд. Автор послідовно розглядає джерела ЕМЗ, класифікацію заводів, вразливість пристроїв СЦБ, стан стандартизації (EN 50121, IEC 62236) та недоліки існуючих методів захисту. Особливо проаналізовано чинну Інструкцію з технічного обслуговування (ЦШ-0060) – стор. 44–48, що дозволило виявити прогалини в існуючій системі контролю.

Розділ 2 присвячено вдосконаленню математичної моделі. Автор виводить телеграфні рівняння для багатопровідної лінії (2.4), переходить до частотної області (2.6), отримує хвильові рівняння (2.7–2.8) та виконує редукцію до двоконтурної системи (2.10). Отримано чисельні значення коефіцієнтів поширення (γ_1 , γ_2) та наведеної напруги. Особливо слід відзначити рис. 2.10 (матриця взаємного впливу) та рис. 2.11 (внесок компонентів у загальний рівень ЕМВ), які наочно демонструють, що найбільш критичними є контактна мережа (24,2%) та рейки (понад 34%).

Розділ 3 містить результати експериментів. Тут представлено два алгоритми вимірювань (рис. 3.3, 3.4), результати спектрального аналізу для кодівих РК 50 Гц (рис. 3.5) та тональних РК (рис. 3.6–3.11). Особливої уваги заслуговує динамічний метод у метрополітені (розділ 3.3.2) з одночасною реєстрацією чотирьох РК (52, 54, 56, 58) під час в'їзду, руху та розгону поїзда (рис. 3.19–3.26). Це дозволило вперше безпосередньо пов'язати появу гармонік 150 та 300 Гц із роботою тягових двигунів. Розділ 3.4 присвячено розробці моделей ML: 1D CNN (архітектура наведена на стор. 96) та Random Forest (стор. 97). Навчання на синтетичному датасеті (3000 реалізацій) та калібрування (температурне масштабування для CNN, Platt-масштабування для RF) забезпечило $AUC > 0,99$. Це свідчить про високу здатність запропонованого методу класифікувати п'ять типів станів сигналу (чистий, гармоніки, імпульси, вузькосмугові завади, шум).

Розділ 4 – ключовий з точки зору практичної реалізації. Автор наводить розрахунок індуктивності тороїдальних котушок (формули 4.1–4.7), порівняння сталевих та нанокристалічних варіантів ЗБФ-1 (табл. 4.2),

результати експериментальних досліджень (табл. 4.3, рис. 4.4–4.5) та техніко-економічний розрахунок (табл. 4.9–4.10). Окремо розраховано фільтри для ТРК-3 (табл. 4.4), режекторні фільтри для гармонік 100–300 Гц (табл. 4.5), смуговий фільтр 75 Гц (аналог ФП-75М) та аналог реактора РОБС-3А (табл. 4.6).

Загальні висновки (стор. 130–134) лаконічно підсумовують основні наукові та практичні результати, що повністю відповідають поставленим завданням.

6. Повнота та стиль викладу наукових положень

За результатами дисертації опубліковано 21 наукову працю, серед яких 6 статей у виданнях, що індексуються у Scopus (наприклад, IEEE EMC Europe, EEEIC, АРЕМС), 1 стаття у Web of Science (МАТЕС Web of Conferences) та 1 стаття у фаховому журналі категорії «Б». Основні положення апробовано на 8 міжнародних конференціях, зокрема IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (Краків, 2023; Париж, 2025), 24th EEEIC (Рим, 2024), АРЕМС (Тайбей, 2025) та інших. Така кількість публікацій у високореєтингових виданнях свідчить про належний рівень апробації результатів.

7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Перевіркою дисертаційної роботи та наукових публікацій Серченко М.С. встановлено відсутність порушень академічної доброчесності. Усі запозичення оформлено коректними бібліографічними посиланнями, а цитування чужих результатів супроводжується посиланнями на першоджерела. Ознак фабрикації, фальсифікації чи плагіату не виявлено.

8. Зауваження до дисертаційної роботи

Попри високий загальний рівень роботи, вважаю за необхідне висловити кілька зауважень:

1. Відсутність оцінки точності методів ML на реальних даних. У розділі 3.4 наведено відмінні метрики ($AUC > 0,99$) на синтетичному датасеті. Однак не наведено результатів класифікації на реальних сигналах, зареєстрованих

автором у Дніпровському метрополітені. Було б доцільно порівняти, наскільки знижується точність при переході від синтетики до реальних завод.

2. Не враховано ефект взаємного впливу самих фільтрів. У розділі 4.3 автор пропонує використання кількох режекторних фільтрів (наприклад, для 150 та 250 Гц). Однак у тексті не розглянуто, як такі фільтри впливають один на одного при паралельному включенні, чи не виникає небажаних резонансних явищ на проміжних частотах.

3. Обмежений обсяг експериментальної бази для ML. На стор. 95 зазначено, що генерація синтетичного датасету склала 3000 реалізацій. Цього достатньо для демонстрації працездатності методу, однак для впровадження в промислову експлуатацію необхідно значно більше даних (особливо реальних). Чи має автор плани щодо розширення бази записів реальних сигналів з різних ділянок залізниці?

4. Відсутність переліку умовних позначень. У роботі використовується значна кількість індексів (к_с, P1, P2, СЦБ, ПЕ), позначень (γ_1 , γ_2 , Z_w) та аббревіатур (АЛС-АРС, ПРЦМ, ТРК-3). Доцільно було б на початку дисертації навести окремий перелік скорочень та умовних позначень для полегшення читання.

5. Технічні помилки в оформленні. На стор. 73–74 наведено формули (3.2) та (3.3), однак у тексті допущено опіску: «Алгоритми виконання вимірів ... наведено на рис.3.3, 3.4», при цьому сам рисунок 3.3 міститься на стор. 76, що ускладнює пошук. Також на стор. 129 двічі повторюється абзац, який починається з «3. Розраховано фільтри для ТРК-3...», що є технічним дублюванням.

6. Стилiстичні недоліки. У тексті зустрічаються мовні звороти, які можна було б покращити: «Проаналізовано сучасний стан проблеми заводстійкості тональних і кодових рейкових кіл, як одного із основних елементів...» (стор. 130) – краще «одного з основних елементів»; «дозолили» замість «дозволили» (стор. 25). Також наявні окремі пунктуаційні помилки (зайві коми, пропущені крапки).

Наведені зауваження не є принциповими, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації та можуть бути враховані автором у подальшій роботі.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Серченко Максима Сергійовича є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу прикладну проблему підвищення завадостійкості рейкових кіл залізничної автоматики. Автор продемонстрував уміння ставити та розв'язувати складні науково-технічні завдання, використовувати сучасні методи моделювання, експерименту та інтелектуальної обробки даних.

Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. зі змінами), а її автор – Серченко Максим Сергійович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт».

Офіційний опонент,

Проректор з науково-педагогічної роботи

Українського державного університету

залізничного транспорту

д.т.н., доцент



Владислав ПАНЧЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 11:50:08 15.06.2026

Назва файлу з підписом: Відгук Серченко.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 3.0 МБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Відгук Серченко.pdf
Розмір файлу без підпису: 3.1 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ПАНЧЕНКО ВЛАДИСЛАВ ВАДИМОВИЧ
П.І.Б.: ПАНЧЕНКО ВЛАДИСЛАВ ВАДИМОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 3042513098
Організація (установа): ДО УКРДУЗТ
Код ЄДРПОУ: 01116472
Посада: ПРОРЕКТОР
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 11:50:07
15.06.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000F2D7EA00F61BFD06
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.04.06 13:00