

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мелешко Василя Васильовича

«Підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу», поданої на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук за спеціальністю

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В Україні в останні роки відбувається технічне переоснащення залізниць з вводом в експлуатацію нових швидкісних магістралей, розбудова мереж міжнародних транспортних коридорів, впровадження нових типів швидкісного рухомого складу з асинхронним тяговим електроприводом, нових комп'ютерно-інформаційних систем управління рухом поїздів. Такі процеси потребують додаткових рішень по забезпеченню безпеки функціонування технічних засобів управління рухом поїздів. Електрифіковані залізниці є джерелом потужних електромагнітних завад, що впливають на функціональну безпеку систем залізничної автоматики та можуть привести до небезпечних збоїв в їх роботі. Аналіз причин відмов та збоїв в роботі рейкових кіл, що є основним колійним датчиком контролю вільності або зайнятості блок-діляниць, цілісності рейкової лінії, а також каналом передачі кодів автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), показує, що до 10 % відмов в роботі РК пов'язано з впливом електромагнітних завад від атмосферних явищ та тягового електропостачання.

Нові типи двосистемних електропоїздів з асинхронним тяговим приводом, що почали впроваджуватися в Україні в останнє десятиріччя, є джерелом потужних електромагнітних завад в широкому діапазоні частот, які здатні викликати збої в роботі рейкових кіл і автоматичної локомотивної сигналізації і, відповідно, приводити до небезпечних для руху поїздів ситуацій.

Важливо, що дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, які визначені положеннями стратегії розвитку залізничного транспорту України до 2020 року, а також пов'язана з НДР "Розробка та наукове обґрунтування технічних рішень по підвищенню безпеки руху поїздів на швидкісних магістралях шляхом автоматизації контролю та діагностування рейкових кіл" (номер державної реєстрації 0108U003066) в якій дисертант є співавтором звіту з НДР.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Мелешко В. В., спрямована на підвищення функціональної безпеки рейкових кіл шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності з тяговою мережею в умовах експлуатації нових типів рухомого складу, має високий ступінь актуальності.

СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ І ДОСТОВІРНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ ДИСЕРТАЦІЇ

Завдання, які були поставлені у дисертації Мелешко В. В. вирішувалися із застосуванням методів теорії електричних кіл, цифрової обробки сигналів, теорії матриць, Фур'є перетворення, дискретного вейвлет-пакетного перетворення, штучних нейронних мереж, теорії вимірювань.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації обумовлена системним підходом до вирішення поставленої задачі, коректним використанням сучасного математичного апарату та задовільним збігом результатів моделювання з результатами експериментальних досліджень.

НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наукова новизна результатів дослідження полягає у вирішенні наукового завдання з розробки та наукового обґрунтування методів підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності.

В роботі вперше

- розроблено математичну модель протікання електричних завад від декількох одиниць ЕРС в поздовжньо неоднорідній несиметричній рейковій лінії, яка дозволяє визначити ступінь впливу завад на рейкові кола;

- розроблено та науково обгрунтовано метод підвищення функціональної безпеки ТРК, який базується на використанні вейвлет аналізу сигнального струму на вході колійного приймача ТРК та класифікатора на основі штучних нейронних мереж, що дозволяє виявити електричні завади та спотворення сигнального струму і своєчасно попередити виникнення небезпечної ситуації;

- розроблено, науково обгрунтовано і досліджено ефективність методу підвищення функціональної безпеки ТРК, який базується на використанні АННМ для контролю параметрів струму в ТРК, що дозволяє своєчасно виявити спотворення сигнального струму на початковому етапі їх виникнення та провадити моніторинг їх розвитку і, як наслідок, прогнозувати час виникнення небезпечної відмови та перейти, у подальшому, до обслуговування ТРК з урахуванням їх фактичного стану.

В роботі удосконалено:

- математичну модель АПК для вимірювання електромагнітних завад від ЕРС в рейках, яка відрізняється від існуючих тим, що розглядає всі компоненти системи з урахуванням їх взаємодії, що дозволяє провести вибір параметрів апаратних і програмних компонентів комплексу для забезпечення необхідного динамічного діапазону, точності і роздільної здатності за амплітудою, частотою і тривалістю електричних завад;

- математичну модель впливу гармонічних завад на колійний приймач ТРК, яка відрізняється від існуючих тим, що розглядає амплітуду, частоту і фазовий зсув гармонік ТС відносно частоти сигнального струму, що дозволило визначити параметри електричних завад, які можуть привести до збою в роботі РК в нормальному, шунтовому та контрольному режимах роботи.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практичне значення одержаних результатів визначається розробленими методами та моделями, які можуть бути використані для підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності. Програма та методика контролю електромагнітних завад в рейковій лінії, а також таблиці зі значенням граничного струму, діапазону частот і характеру впливу завад від електрообладнання електровозів на роботу рейкових кіл та автоматичної локомотивної сигналізації прийнято до використання у дистанції сигналізації та зв'язку, що підтверджується відповідним актом.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до дисертації.

ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертація у повному обсязі відповідає поставленій меті та задачам. Основні результати дисертаційних досліджень викладені у 33 наукових працях, з них, – 14 у наукових журналах і збірниках наукових праць, затверджених ВАК України за фахом 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту і включених до міжнародних наукометричних баз, 16 – у матеріалах і тезах міжнародних конференцій, три додаткових праці в тому числі 1 патент на винахід. Шість наукових праць опубліковано одноосібно, без співавторів.

З аналізу змісту наукових праць можна зробити висновок щодо достатньої повноти викладення у них основних положень дисертації. У дисертації та авторефераті чітко визначений особистий внесок здобувача в

роботах зі співавторами. Зміст дисертації, її основні положення, результати та висновки у повній мірі відображені в авторефераті. Зміст автореферату та дисертації ідентичний.

ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ

Науковий та методичний рівні викладання дисертації відповідають вимогам Міністерства освіти та науки України. Назва дисертації адекватно відображає її зміст.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульована мета та задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, а також сформульовано наукову новизну та практичне значення результатів роботи.

У **першому розділі** автором виконано аналітичний огляд літератури за темою роботи, проведено аналіз функціональної безпеки рейкових кіл і електромагнітної сумісності систем залізничної автоматики з тяговою мережею, зокрема, з електрорухомим складом залізниць, а також розглянуто вплив електромагнітних завад від електрорухомого складу на функціональну безпеку рейкових кіл. На підставі проведеного аналітичного огляду літератури в роботі сформульована мета та завдання досліджень.

У **другому розділі** удосконалено математичну модель апаратно програмного комплексу для вимірювання електромагнітних завад від рухомого складу в рейках.

Проблема раціонального вибору параметрів вимірювального комплексу полягає в жорстких вимогах нормативних документів щодо точності вимірювання параметрів гармонік тягового струму. Вибір параметрів компонентів вимірювального комплексу ускладнюється великим динамічним діапазоном гармонік тягового струму, широким діапазоном частот та протиріччями, властивими дискретному перетворенню Фур'є, які обумовлюють неможливість одночасного збільшення точності визначення амплітуди гармонік і їх роздільної здатності в частотній області, а також,

неможливість одночасного досягнення високої точності локалізації гармонік в частотній і часовій області, що випливає з принципу невизначеності.

Для вирішення цього завдання в роботі розроблено модель, що описує вплив параметрів компонентів комплексу на похибку вимірювань амплітуди, частоти і тривалості гармонік тягового струму. Перевірку адекватності розробленої моделі проведено для чотирьох найбільш поширених на практиці віконних функцій, а саме: Блекмана-Харріса, Ханна, Хаммінга і прямокутного вікна. Надано оцінку похибки вимірювань, що визначена за критерієм χ^2 -квадрат Пірсона для довірчої ймовірності на рівні 0,95. Відносні значення похибки вимірювань не перевищували 1,4 % для вікна Блекмана-Харріса

У **третьому розділі** розроблено математичну модель протікання електричних завад від рухомого складу в несиметричній рейковій лінії. Необхідність доповнення тестових випробувань рухомого складу дослідженнями на моделі обумовлена тим, що при проведенні натурних вимірювань практично не можливо врахувати всі можливі несприятливі для функціональної безпеки рейкових кіл фактори, до того ж такі випробування є досить дорогими. Необхідність досліджень на моделі відзначена також в європейському стандарті. В роботі розроблена модель поздовжньо-неоднорідної тягової мережі з урахуванням наявності асиметрії рейкових ниток, що відповідає реальним системам тягового електропостачання. Модель враховує первинні параметри рейкової лінії, а саме повздовжній імпеданс рейок і опір ізоляції баласта. Адекватність моделі підтверджена шляхом порівняння результатів розрахунків з результатами вимірювань.

У **четвертому розділі** наведено модель впливу гармонічних завад на приймач тонального рейкового кола. Вихідними даними моделі є електрична схема, параметри елементів рейкового кола, опір ізоляції баласту, координати рухомого складу, схема каналізації тягового струму, коефіцієнт асиметрії рейкової лінії. Граничними значеннями моделі є мінімальне і

максимальне значення напруги живлення, середне-квадратичні значення струму, частота і тривалість гармонічних завад.

Адекватність розробленої моделі була експериментально підтверджена шляхом порівняння результатів моделювання з експериментальними результатами, отриманими при реєстрації струму на вході колійного приймача при подачі на нього сигнального струму від генератора ГПУ і гармонічної завади від керованого генератора.

В результаті проведених на моделі досліджень визначено рівень, частоту і тривалість завад на вході колійного приймача тональних рейкових кіл, що приводять до збою в роботі рейкових кіл в шунтовому і контрольному режимах.

У п'ятому розділі розглянуто методи підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах впливу електромагнітних завад шляхом розробки методів і засобів автоматичного моніторингу сигнального струму в рейкових колах. В роботі запропоновано два методи вирішення цієї задачі, а саме – метод моніторингу ТРК з використанням вейвлет-перетворення і класифікатора на основі штучних нейронних мереж і метод безперервного моніторингу сигнального струму ТРК для виявлення спотворень на початкових стадіях їх виникнення з використанням адаптивної нечіткої нейронної мережі. Обидва методи показали ефективність у своєчасному виявленні завад і спотворень сигнального струму рейкових кіл. Останній метод, заснований на використанні нейро-нечіткої моделі, дозволяє виявити незначні спотворення сигнального струму на початковій стадії їх зародження і відслідковувати їх розвиток, щоб своєчасно спрогнозувати можливий перехід рейкового кола у граничний стан. Розробка методу моніторингу дефектів в процесі їх розвитку дозволяє перейти у подальшому до обслуговування рейкових кіл з урахуванням фактичного стану.

Висновки дисертації відповідають меті та завданням дослідження, що поставлені в роботі.

У додатках наведено довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи, список публікацій автора дисертації.

Оформлення дисертації відповідає усім вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Зміст автореферату включає основні положення і результати дисертаційної роботи й повністю їй відповідає.

ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ

За результатами аналізу дисертаційної роботи можна виділити такі недоліки.

1. У першому розділі при обґрунтуванні актуальності роботи вказується, що інтерес до проблеми функціональної безпеки і електромагнітної сумісності рейкових кіл посилився останнім часом в зв'язку з впровадженням в експлуатацію нових типів рухомого складу з асинхронним тяговим приводом, зокрема електропоїздів типу "Хюндай" і "Шкода". При цьому статистика збоїв в роботі рейкових кіл і АЛСН, що виникла внаслідок експлуатації вказаних поїздів, в роботі не наведено. Бажано також було надати осцилограми тягового струму цих поїздів і спектральний склад тягового струму.

2. У другому розділі на основі розробленої моделі визначені рекомендації по вибору основних параметрів компонентів комплексу для вимірювання електричних завад в рейках від рухомого складу. Але автор не конкретизував які саме компоненти і з якими параметрами використано для експериментальних вимірювань в роботі.

3. У третьому розділі розроблено модель розповсюдження гармонік тягового струму від декількох електропоїздів у фідерній зоні до колійного приймача рейкового кола. Положення поїздів в моделі задається миттєвими координатами. Недоліком цієї моделі є те що

вона є статичною і не враховує динамічні процеси, пов'язані з рухом поїздів.

4. Запропонована модель розповсюдження гармонік тягового струму в рейках не враховує можливе виникнення нелінійності дросель-трансформаторів, пов'язаної з їх насиченням при збільшенні тягового струму.
5. Розроблена в четвертому розділі модель впливу гармонічних завад на приймач рейкового кола обмежується тільки розглядом тональних рейкових кіл і не розглядає кодові і фазочутливі рейкові кола.
6. В п'ятому розділі роботи запропоновано два методи підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах впливу електромагнітних завад шляхом автоматичного моніторингу сигнального струму в рейкових колах з використанням класифікатора на основі штучних нейронних мереж і адаптивної нечіткої нейронної мережі. Але зовсім не розглянуто методи, засновані на використанні фільтрів на вході колійного приймача рейкового кола та екрануючого проводу.

Вказані зауваження не є принциповими та не знижують цінність дисертаційної роботи здобувача В. В. Мелешко.

ПІДСУМКОВИЙ ВИСНОВОК ПО ДИСЕРТАЦІЇ

В цілому дисертація Мелешко Василя Васильовича виконана на достатньо високому рівні, є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові наукові результати в галузі залізничної автоматики, а приведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Сукупність отриманих результатів дозволяє вирішити наукове завдання з розробки та наукового обґрунтування методів підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності.

Оформлення виконано у відповідності до вимог МОН України.

Враховуючи актуальність теми роботи, новизну, достовірність і обґрунтованість отриманих результатів, їх вагомість у теоретичному та практичному значенні для залізничного транспорту України, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (із змінами) та паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту (п. 13), а її автор – Мелешко Василь Васильович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри «Автоматика і
комп'ютерне телекерування рухом
поїздів» Українського державного



університету залізничного транспорту
Особистий підпис
звілкую _____ 20__ р.
дуючий канцелярією
УкрДУЗТ

А. Б. Бойнік А. Б. Бойнік
А. Б. Бойнік
Олександр Ольховський

ND9 - 48/104
Big 15.04.21

Відгук офіційного опонента
на дисертаційну роботу Мелешка Василя Васильовича
«Підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації
нових типів рухомого складу», поданої на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Актуальність теми дисертаційної роботи

В останні десятиріччя в Україні введено в експлуатацію нові типи електропоїздів з асинхронним тяговим приводом, що, як відомо, є джерелом потужних електромагнітних завад в широкому діапазоні частот. Існуючі системи керування рухом поїздів не мають відповідного захисту від таких завад, що знижує їх функціональну безпеку і може приводити до аварійних ситуацій на транспорті. Для усунення потенціальної можливості виникнення небезпечних ситуацій нормативними документами передбачено проведення досліджень нових типів рухомого складу на електромагнітну сумісність з системами залізничної автоматики, зокрема рейковими колами, які є основним датчиком положення поїзду в системах сигналізації.

Таким чином, вирішення важливого наукового-технічного завдання, яке полягає у підвищенні функціональної безпеки рейкових кіл в умовах впровадження і експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності з рейковими колами обумовлює актуальність теми дисертаційного дослідження.

Слід також відзначити, що дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямів розвитку залізничної галузі, які визначені положеннями стратегії розвитку залізничного транспорту України до 2020 року, а також пов'язана з НДР “Розробка та наукове обґрунтування технічних рішень по підвищенню безпеки руху поїздів на швидкісних магістралях шляхом автоматизації контролю та діагностування рейкових кіл” (номер

державної реєстрації 0108U003066), в якій дисертант є співавтором звіту з НДР.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Мелешка В. В., спрямована на підвищення функціональної безпеки рейкових кіл шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності з тяговою мережею в умовах експлуатації нових типів рухомого складу є актуальною.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації обумовлена системним підходом до вирішення поставленої задачі, коректним використанням сучасного математичного апарату, методів теорії електричних кіл, цифрової обробки сигналів, теорії матриць, перетворень Фур'є та дискретного вейвлет-пакетного перетворення, штучних нейронних мереж, теорії вимірювань та задовільним збігом результатів моделювання з результатами експериментальних досліджень.

НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наукова новизна результатів дослідження полягає у вирішенні наукового завдання з розробки та наукового обґрунтування методів підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності.

В роботі вперше

- розроблено математичну модель протікання електричних завад від декількох одиниць ЕРС в поздовжньо неоднорідній несиметричній рейковій лінії, яка дозволяє визначити ступінь впливу завад на рейкові кола;

- розроблено та науково обґрунтовано метод підвищення функціональної безпеки ТРК, який базується на використанні вейвлет аналізу сигнального струму на вході колійного приймача ТРК та класифікатора на основі штучних нейронних мереж та дозволяє виявити електричні завади та

спотворення сигнального струму і своєчасно попередити виникнення небезпечної ситуації;

- розроблено, науково обгрунтовано і досліджено ефективність методу підвищення функціональної безпеки ТРК, який базується на використанні АННМ для контролю параметрів струму в ТРК, що дозволяє своєчасно виявити спотворення сигнального струму на початковому етапі їх виникнення та провадити моніторинг їх розвитку і, як наслідок, прогнозувати час виникнення небезпечної відмови та перейти, у подальшому, до обслуговування ТРК з урахуванням їх фактичного стану.

В роботі удосконалено:

- математичну модель АПК для вимірювання електромагнітних завад від ЕРС в рейках, яка відрізняється від існуючих тим, що розглядає всі компоненти системи з урахуванням їх взаємодії, що дозволяє провести вибір параметрів апаратних і програмних компонентів комплексу для забезпечення необхідного динамічного діапазону, точності і роздільної здатності за амплітудою, частотою і тривалістю електричних завад;

- математичну модель впливу гармонічних завад на колійний приймач ТРК, яка відрізняється від існуючих тим, що розглядає амплітуду, частоту та фазовий зсув гармонік ТС відносно частоти сигнального струму, що дозволило визначити параметри електричних завад, які можуть привести до збою в роботі РК в нормальному, шунтовому та контрольному режимах роботи.

Практичне значення отриманих результатів

Практичні результати дисертаційної роботи полягають у розробці методів та моделей, які можуть бути використані для підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності. Розроблені, за участі автора, програма та методика контролю електромагнітних завад у рейковій лінії, а також таблиці зі значенням

граничного струму, діапазону частот і характеру впливу завад від електрообладнання електровозів на роботу рейкових кіл та автоматичної локомотивної сигналізації прийнято до використання у дистанції сигналізації та зв'язку, що підтверджується відповідним актом.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до дисертації.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Повнота викладення результатів дисертації

Основні результати дисертаційних досліджень викладені у 33 наукових працях, з них: 14 – у наукових журналах та збірниках наукових праць, затверджених ВАК України за фахом 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту і включених до міжнародних наукометричних баз, 16 – у матеріалах і тезах міжнародних конференцій, 3 - додаткові праці, в тому числі 1 патент на винахід. Шість наукових праць опубліковано одноосібно, без співавторів.

З аналізу змісту наукових праць можна зробити висновок щодо достатньої повноти викладення в них основних положень дисертації. У дисертації та авторефераті чітко визначений особистий внесок здобувача в роботах зі співавторами. Зміст дисертації, її основні положення, результати та висновки в повній мірі відображені в авторефераті. Зміст автореферату та дисертації ідентичний.

Дисертація у повному обсязі відповідає поставленій меті та завданням.

Оцінка змісту дисертації

Науковий та методичний рівні подання дисертації відповідають вимогам Міністерства освіти та науки України. Назва дисертації адекватно відображає її зміст.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульована мета та задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, а також сформульовано наукову новизну та практичне значення результатів роботи.

У **першому розділі** автором виконано аналітичний огляд літератури за темою роботи, проведено аналіз функціональної безпеки рейкових кіл і електромагнітної сумісності систем залізничної автоматики з тяговою мережею, зокрема, з електрорухомим складом залізниць, а також розглянуто вплив електромагнітних завад від електрорухомого складу на функціональну безпеку рейкових кіл. На підставі проведеного аналітичного огляду літератури в роботі сформульована мета та завдання досліджень.

Другий розділ вирішує проблему раціонального вибору параметрів комплексу для вимірювання рівня, частоти і тривалості гармонік тягового струму, що має суттєве значення для обґрунтованості висновків про відповідність рухомого складу нормативним документам з електромагнітної сумісності. Проблема полягає в жорстких вимогах нормативних документів щодо точності вимірювання параметрів гармонік тягового струму. Вибір параметрів компонентів вимірювального комплексу ускладнюється великим динамічним діапазоном гармонік тягового струму, широким діапазоном частот та протиріччями, властивими дискретному перетворенню Фур'є, які обумовлюють неможливість одночасного збільшення точності визначення амплітуди гармонік і їх роздільної здатності в частотній області, а також, неможливість одночасного досягнення високої точності локалізації гармонік в частотній і часовій області, що випливає з принципу невизначеності. Для вирішення цього завдання в роботі розроблено модель, що описує вплив параметрів компонентів комплексу на похибку вимірювань амплітуди, частоти і тривалості гармонік тягового струму. Перевірку адекватності розробленої моделі проведено для чотирьох найбільш поширених на практиці віконних функцій, а саме: Блекмана-Харріса, Ханна, Хаммінга і прямокутного вікна. Надано оцінку похибки вимірювань, що визначена за

критерієм χ^2 -квадрат Пірсона для довірчої ймовірності на рівні 0,95. Відносні значення похибки вимірювань не перевищували 1,4 % для вікна Блекмана-Харріса

У **третьому розділі** розроблено математичну модель протікання електричних завад від рухомого складу в несиметричній рейковій лінії. Необхідність проведення такого моделювання випливає з того, що параметри електричних завад від одного електропоїзду можуть бути в допустимих межах, але оскільки в фідерній зоні одночасно обертаються декілька одиниць рухомого складу їх сумарний тяговий струм може привести до небезпечних відмов рейкового кола. Також необхідність доповнення тестових випробувань рухомого складу дослідженнями на моделі обумовлена тим, що при проведенні натурних вимірювань практично не можливо врахувати всі несприятливі для функціональної безпеки рейкових кіл фактори, до того ж такі випробування є досить коштовними. Необхідність досліджень на моделі відзначена також в європейському стандарті. В роботі розроблена модель поздовжньо-неоднорідної тягової мережі з урахуванням наявності асиметрії рейкових ниток, що відповідає реальним системам тягового електропостачання. Модель враховує первинні параметри рейкової лінії, а саме повздовжній імпеданс рейок і опір ізоляції баласта. Адекватність моделі підтверджена шляхом порівняння результатів розрахунків з результатами вимірювань.

У **четвертому розділі** наведено модель впливу гармонічних завад на приймач тонального рейкового кола.

Адекватність розробленої моделі була експериментально підтверджена шляхом порівняння результатів моделювання з експериментальними результатами, отриманими при реєстрації струму на вході колійного приймача за подачі на нього сигнального струму від генератора ГПУ і гармонічної завади від керованого генератора.

В результаті проведених на моделі досліджень визначено рівень, частоту і тривалість завад на вході колійного приймача тональних рейкових кіл, що

приводять до збою в роботі рейкових кіл в шунтовому і контрольному режимах.

У п'ятому розділі розглянуто методи підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах впливу електромагнітних завад шляхом розробки методів і засобів автоматичного моніторингу сигнального струму в рейкових колах. В роботі запропоновано два методи вирішення цієї задачі, а саме – метод моніторингу ТРК з використанням вейвлет-перетворення і класифікатора на основі штучних нейронних мереж і метод безперервного моніторингу сигнального струму ТРК для виявлення спотворень на початкових стадіях їх виникнення з використанням адаптивної нечіткої нейронної мережі. Обидва методи показали ефективність у своєчасному виявленні завад і спотворень сигнального струму рейкових кіл. Останній метод, заснований на використанні нейро-нечіткої моделі, дозволяє виявити незначні спотворення сигнального струму на початковій стадії їх зародження і відслідковувати їх розвиток, щоб своєчасно спрогнозувати можливий перехід рейкового кола у граничний стан. Розробка методу моніторингу дефектів в процесі їх розвитку дозволяє перейти в подальшому до обслуговування рейкових кіл з урахуванням фактичного стану.

Висновки дисертації відповідають меті та завданням дослідження, що поставлені в роботі.

У **додатках** наведено довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи, список публікацій автора дисертації.

Оформлення дисертації відповідає усім вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Зміст автореферату включає основні положення і результати дисертаційної роботи й повністю їй відповідає.

ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ

За результатами аналізу матеріалів дисертації можна висловити такі зауваження.

1. В першому розділі розглянуто схеми інверторів для живлення асинхронних тягових двигунів електропоїзду, але схеми керування силовими ключами не розглянуто, хоча вони суттєво впливають на гармонічний склад струму в тягових двигунах та, відповідно, в зворотній тяговій мережі.
2. В другому розділі огляд статичних показників, що характеризують точність аналогово-цифрових перетворювачів, а саме інтегральної і диференціальної нелінійності, похибки біполярного та уніполярного зсуву нуля, похибки коефіцієнту перетворення зроблено, до деякої міри, поверхнево і при подальшому розгляді похибки вимірювального комплексу ці показники не враховуються.
3. В роботі не досліджено вплив комутаційних процесів в тяговій мережі, а також електричної дуги на контактні струмоприймача і контактного проводу на роботу рейкових кіл.
4. В третьому розділі результати моделювання розповсюдження тягового струму в рейках та доведення адекватності розробленої у другому розділі математичної моделі приведені для змінного тягового струму. Було б цікаво почути думку автора про ступінь придатності моделі для відображення розповсюдження електричних завад в рейках при електротязі постійного струму.
5. В четвертому розділі визначено вплив гармонічних завад тягового струму на приймач тонального рейкового кола ТРК 3. Для ТРК 4, кодових та фазочутливих подібний аналіз не проведено.
6. В п'ятому розділі запропоновано два методи підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах впливу електромагнітних завад шляхом моніторингу сигнального струму в рейкових колах з використанням класифікатора на основі штучних нейронних мереж і адаптивної нечіткої нейронної мережі. Але зовсім не розглянуто методи засновані на використанні фільтрів на вході колійного приймача рейкового кола та екрануючого проводу.

Висловлені зауваження носять, здебільшого, дискусійний характер і не знижують, загалом, позитивної оцінки дисертаційної роботи здобувача В. В. Мелешка.

ПІДСУМКОВИЙ ВИСНОВОК ПО ДИСЕРТАЦІЇ

В цілому дисертація Мелешка Василя Васильовича виконана на достатньо високому рівні, є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові наукові результати в галузі залізничної автоматики, а приведені зауваження суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Сукупність отриманих результатів дозволяє вирішити наукове завдання з розробки та наукового обґрунтування методів підвищення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах експлуатації нових типів рухомого складу шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності.

Оформлення виконано у відповідності до вимог МОН України.

Враховуючи актуальність теми роботи, новизну, достовірність і обґрунтованість отриманих результатів, їх вагомість у теоретичному та практичному значенні для залізничного транспорту України, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (із змінами) та паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту (п. 13), а її автор – Мелешко Василь Васильович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, доцент
завідувач кафедри електротехніки та
електропривода Національної
металургійної академії України

А. В. Ніколенко



засвідчую

начальник відділу кадрів

В.С. Шифрін

HDY - 48/119
9
Big 19.04.21.