

ВІДГУК

офіційного опонента

д.т.н., доцента Доманського Іллі Валерійовича

на дисертаційну роботу Озулу Антона Борисовича

«Електромеханічна система регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом кузова»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми

Підвищення ефективності залізничного транспорту в сучасних умовах потребує вирішення важливих задач в галузі створення сучасного електрорухомого складу. Постійне зростання обсягів пасажирських і вантажних перевезень вимагає підвищення безпеки та швидкості руху, що можливо досягти лише через впровадження новітніх технологій і рішень.

Технічні параметри електропоїздів: тягові системи, двигуни, системи керування, охолодження та підвіска, безпосередньо впливають на загальну ефективність електрорухомого складу залізниць. Удосконалення цих компонентів є критично важливим для досягнення вищих показників енергоефективності, надійності та швидкості.

Одним із перспективних напрямків є використання електропоїздів з механізмами нахилу кузова. Це рішення дозволяє значно збільшити швидкість на кривих ділянках маршруту, що є критично важливим для модернізації існуючої інфраструктури без значних капіталовкладень. Пневматичні, гідравлічні та електромеханічні системи нахилу кузова дозволяють зменшити навантаження на колії та покращити комфорт для пасажирів.

Крім того, впровадження електромеханічних амортизаторів, які рекуперують енергію від коливань, відкриває нові можливості для використання відновлюваної енергії в залізничному транспорті. Енергія, отримана від амортизаторів, може бути використана для нахилу кузова або

накопичена в спеціальних пристроях, що підвищує загальну енергоефективність системи.

Таким чином, можна стверджувати, що застосування електромеханічного амортизатора є актуальним і необхідним кроком для забезпечення конкурентоспроможності та екологічної стійкості транспорту в майбутньому за рахунок підвищення енергоефективності.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота «Електромеханічна система регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом кузова» Озулу Антона Борисовича є завершеною науковою роботою, містить дві анотації – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

Вступ містить обґрунтування актуальності обраної тематики, сформульовано мету роботи та задачі дослідження, подано коротку характеристику результатів дослідження, ступінь їх апробації та публікації.

У першому розділі дисертації проведено аналіз існуючих рішень для систем нахилу кузова, який показав, що найпоширенішим приводом є гідравлічний. Також описано недоліки цього приводу. З іншого боку, для демпфуючих систем широко використовуються пневморесори. Запропоновано інтеграцію функцій нахилу кузова та гасіння коливань в одну систему за допомогою електромеханічного амортизатора.

На основі аналізу електромеханічних пристроїв автор обґрунтував використання лінійного двигуна електромагнітного типу для нахилу кузова та демпфування, що дозволяє рекуперувати енергію коливань. Це рішення може підвищити ефективність системи та зменшити її складність. Визначено напрями досліджень і поставлені основні задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі автор запропонував використовувати лінійний електромагнітний двигун як оптимальне рішення для системи нахилу кузова

та демпфування коливань. Було створено математичну модель ходової частини електропоїзда з електромеханічними амортизаторами для оцінки їх ефективності, без включення пневматичних компонентів. Ця модель враховує рівняння руху та нахилу кузова з урахуванням електромеханічних характеристик та нерівностей колії.

Методом кінцевих елементів у програмному комплексі Ansys було проведено розрахунок магнітного поля для визначення оптимальних параметрів індуктивності. Встановлено, що при максимальному робочому зазорі магнітопровід не входить у режим насичення, забезпечуючи стабільну роботу амортизатора.

У третьому розділі створено імітаційну модель електромеханічної системи для регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з функцією нахилу. Результати моделювання показали, що електромеханічний амортизатор здатний досягти кута нахилу 5° за 2 секунди. Моделювання також продемонструвало, що амортизатор ефективно гасить коливання та відновлює енергію та зменшує коливання кузова у 2 рази. При цьому, електромеханічний амортизатор здатний рекуперувати 84 Вт/год енергії коливань.

У четвертому розділі розглянуто управління електромеханічною системою регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом кузова. Розроблено алгоритм керування амортизатором, який використовує мікроелектромеханічні системи (МЕМС) гіроскопи для вимірювання кутів нахилу кузова та візка. Обрано високоточні МЕМС датчики та мікроконтролер для керування системою. Для керування силовими ключами використано надійні транзистори, що витримують високі навантаження. Розроблено електричну схему драйвера керування та блоку датчику типу МЕМС.

У висновках представлені основні науково-практичні результати дисертаційного дослідження, а також їх впровадження.

Список використаних джерел містить 109 найменувань.

Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечується чітко поставленими цілями та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Вона обґрунтована комплексним підходом до вивчення обраного об'єкта та підтверджена ретельним плануванням усіх етапів дослідження, що підтверджує достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів

Дисертація містить наукову новизну. З найбільш суттєвих доробок роботи можна назвати:

1. Вперше запропоновано використання електромеханічного амортизатор у складі ходової частини швидкісного електропоїзду для систем нахилу кузова, що дозволяє одночасно виконувати функції нахилу кузова та рекуперації енергії коливань, замінюючи традиційні пневматичні амортизатори. Без амортизатора кут нахилу кузова змінюється в межах від $-0,45^\circ$ до $+0,38^\circ$, а з його застосуванням цей діапазон скорочується та складає від $-0,2^\circ$ до $+0,2^\circ$, тобто вдвічі менше. Електромеханічний амортизатор може рекуперувати 84 Вт/год при коливаннях з амплітудою 5 мм та частотою 2 Гц.

2. Вперше запропоновано алгоритм керування нахилом кузова та рекуперацією коливань каскадного типу, алгоритм переключення режимів роботи електромеханічної системи регулювання коливань швидкісного електропоїзду з нахилом кузова. Запропоновано виконувати вимір кута нахилу за допомогою датчиків акселерометру та гіроскопу типу MEMS. Крім того, розроблено методику для розрахунку кутів, що забезпечує високу точність та стабільність вимірювань у динамічних умовах.

3. Вперше розроблено концептуальне прикладне рішення з реалізації блоку електроніки драйверу керування електромеханічною системою регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом кузова та блоку електроніки датчику кута нахилу, що включає інтеграцію сучасних мікроконтролерів для обробки сигналів та розробку спеціалізованого

програмного забезпечення, яке забезпечує адаптивне керування амортизатором у режимі реального часу.

Наукова новизна дисертаційної роботи здобувача відповідає завданням дослідження, які є частиною поставленої в дисертації мети.

Практичне значення наукових результатів.

Практичне значення наукових результатів полягає у значному покращенні стабільності та комфорту руху швидкісних електропоїздів завдяки розробці та впровадженню електромеханічного амортизатора в систему нахилу кузова. Це забезпечує більш плавний нахил кузова, зменшуючи вплив коливань на пасажирів, що є особливо важливим для швидкісних поїздів.

Інтеграція узагальненої імітаційної моделі системи регулювання коливань кузова з нахилом у процес проектування і моделювання дозволяє підвищити точність і надійність розробки нових систем. Створення концептуальної системи керування нахилом кузова та рекуперації коливань, яка базується на використанні сучасних мікроконтролерів та МЕМС гіроскопів, сприяє впровадженню інноваційних рішень у транспортній індустрії, відкриваючи нові можливості для подальших досліджень у сфері швидкісних електропоїздів.

Результати досліджень були використані при виконанні наукової роботи на тему «Підвищення енергоефективності електрорухомого складу залізничного транспорту» (№ ДР 022U201673, 2023 р.), де здобувач виконав частину розділу 2 «Електромеханічні амортизатори». Впровадження результатів дисертаційної роботи здійснено на Науково-виробничому підприємстві «СПЕЦЕЛЕКТРОМАШ» (від 05.04.2024 р.) та у навчальному процесі кафедри Електричного транспорту та тепловозобудування НТУ «ХП» (від 29.04.2024 р.).

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Результати проміжних досліджень представлені на 7 міжнародних та українських наукових конференціях, а також у 4 публікаціях, серед яких 1 стаття у співавторстві з двома чи більше особами у виданні, що індексується у базі Scopus; 2 статті у співавторстві з науковим керівником у науковому фаховому виданні України категорії «Б»; 1 стаття з одноосібним авторством здобувача опублікована у науковому фаховому виданні України категорії «Б».

Згідно з поточними вимогами пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затверджений Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, зараховуються 4.5 статті, а саме 4 статті у співавторстві з науковим керівником та 1 стаття з чотирма співавторами, що прирівнюється до 0.5 публікації.

Кількість та зміст опублікованих статей відповідає чинним вимогам.

Оформлення дисертації та дотримання вимог академічної доброчесності

Надану здобувачем дисертацію виконано відповідно «Вимог до оформлення дисертації», затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 та із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено, про що свідчить аналіз звітів перевірки дисертації на наявність плагіату.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У дисертаційній роботі не було представлено порівняльного аналізу характеристик електромеханічного амортизатора з пневматичними та іншими

типами амортизаторів, хоча в науковій публікації здобувача «Перспективні електромеханічні амортизатори» такий аналіз проводився. Цей аналіз міг би надати додаткову інформацію про переваги та недоліки різних систем, що дозволило б більш обґрунтовано оцінити ефективність запропонованих рішень.

2. Імітаційне моделювання гасіння коливань виконано при фіксованому значенні амплітуди 2 Гц та частоти 5 мм, хоча у розділі 1 наводилися дані з більшими значеннями амплітуди та частоти. Виконання моделювання гасіння коливань на різних значеннях амплітуд та частот нерівностей могло б розкрити більший потенціал електромеханічного амортизатора.

3. У таблиці 4.1 наведено вартість датчиків гіроскопа та акселерометра. Однак, було б доцільно також включити вартість інших компонентів електромеханічної системи для загального розуміння її повної вартості.

4. У процесі роботи електромеханічного амортизатора генерується тепло, яке може впливати на ефективність електричних властивостей матеріалів, тому цей фактор доцільно врахувати при проведенні дослідження роботи електромеханічного амортизатора.

5. У анотації та вступі у абзаці об'єкт дослідження, допущена помилка у фразі «с нахилом кузова» замість «з нахилом кузова».

Зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи та можуть бути враховані при проведенні подальших досліджень здобувача.

Висновки

Зазначені недоліки до дисертації не впливають на загальне позитивне враження від проведеного наукового дослідження та не зменшуються наукову цінність роботи.

Дисертаційна робота Озулу Антона Борисовича «Електромеханічна система регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом

кузова» за змістом повною мірою відповідає спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Дисертація повністю відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «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 січня 2022, а її автор Озулу Антон Борисович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,

професор кафедри енергетики

Українського державного університету

науки і технологій

