

ВІДГУК

офіційного опонента

к.т.н., доцента Єгорова Олексія Борисовича

на дисертаційну роботу Озулу Антона Борисовича

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

подану на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 Електрична інженерія, за спеціальністю

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми дисертаційної роботи.

В сучасному світі швидкісні електропоїзди стають дедалі більш поширеним видом транспорту, завдяки своїй ефективності, екологічності та здатності забезпечувати швидке і комфортне перевезення пасажирів на великі відстані. Однак, зростаючі вимоги до швидкості і комфорту під час подорожі висувають нові виклики перед інженерами та дослідниками в галузі залізничного транспорту. Одним із таких викликів є необхідність ефективного керування коливаннями кузова поїзда та забезпечення стійкості під час руху на високих швидкостях, особливо на кривих ділянках шляху.

Електромеханічні системи регулювання коливань та нахилу кузова відіграють ключову роль у вирішенні цих завдань. Вони забезпечують можливість активного керування нахилом кузова, що дозволяє знизити центробіжні сили на пасажирів під час проходження кривих, підвищити стабільність руху та зменшити зношування колісних пар і рейок. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню безпеки та комфорту пасажирів, зниженню витрат на обслуговування і ремонт рухомого складу та інфраструктури

Розробка і вдосконалення електромеханічних систем регулювання коливань та нахилу кузова є актуальним завданням для забезпечення конкурентоспроможності сучасних швидкісних електропоїздів. Використання новітніх технологій і підходів у цьому напрямі, зокрема,

інтеграція інтелектуальних систем керування, що базуються на сучасних датчиках і алгоритмах обробки даних, дозволяє значно покращити показники ефективності та надійності роботи таких систем.

Таким чином, дослідження та впровадження нових електромеханічних систем регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзда з нахилом кузова є актуальними для забезпечення високих стандартів якості, безпеки та комфорту перевезень у сучасних умовах експлуатації залізничного транспорту.

Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Дисертаційна робота «Електромеханічна система регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзда 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.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи та задачі дослідження, надано короткий опис результатів дослідження, ступінь їх апробації та публікації.

Перший розділ присвячений аналізу існуючих систем нахилу кузова, де встановлено, що найпоширенішими є гідравлічні приводи, які мають свої недоліки. Також описано використання пневморесор у демпфуючих системах. Запропоновано інтеграцію функцій нахилу кузова та гасіння коливань в одну систему за допомогою електромеханічного амортизатора. На основі аналізу електромеханічних пристроїв обґрунтовано використання лінійного двигуна електромагнітного типу для нахилу кузова та демпфування, що дозволяє рекуперувати енергію коливань. Це рішення підвищує ефективність системи та зменшує її складність. Визначено напрями досліджень і сформульовано основні задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі автором запропоновано використання лінійного електромагнітного двигуна як оптимальне рішення для системи нахилу кузова та демпфування коливань. Створено математичну модель ходової частини електропоїзда з електромеханічними амортизаторами для оцінки їх ефективності без включення пневматичних компонентів. Модель враховує рівняння руху та нахилу кузова з урахуванням електромеханічних характеристик та нерівностей колії. Методом скінченних елементів у програмному комплексі Ansys 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.

Третій розділ присвячений створенню імітаційної моделі електромеханічної системи для регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзда 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, 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 електропоїзда з нахилом кузова. Розроблено алгоритм керування амортизатором, який використовує 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 датчика типу МЕМС.

Висновки містять основні науково-практичні результати дисертаційного дослідження та їх впровадження.

Список використаних джерел містить 109 найменувань.

Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи та публікації здобувача.

Достовірність отриманих результатів.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректністю постановок математичних задач, відповідною методологією дослідження, відповідністю математичних моделей суті описуваних процесів і експериментальними дослідженнями, проведеними з використанням імітаційних моделей. Комплексний підхід до аналізу обраного об'єкта та ретельне планування всіх етапів дослідження підтверджують достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів.

Дисертація містить наступну наукову новизну:

- Вперше запропоновано використання електромеханічного амортизатора у складі ходової частини швидкісного електропоїзда для систем нахилу кузова. Це дозволяє одночасно виконувати функції нахилу кузова та рекуперації енергії коливань, замінюючи традиційні пневматичні та інші амортизатори.

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

- Вперше розроблено концептуальне рішення з реалізації блоку електроніки драйвера керування електромеханічною системою регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом кузова та блоку електроніки датчика кута нахилу. Це включає інтеграцію сучасних

мікроконтролерів для обробки сигналів та розробку спеціалізованого програмного забезпечення, яке забезпечує адаптивне керування амортизатором у режимі реального часу.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Практичне значення наукових результатів.

Наукові результати мають важливе практичне значення, сприяючи покращенню стабільності та комфорту швидкісних електропоїздів. Впровадження електромеханічного амортизатора в систему нахилу кузова забезпечує повністю регульований нахил кузова та зменшує вплив коливань на пасажирів, що особливо важливо для швидкісних електропоїздів.

Імітаційна модель системи регулювання коливань кузова з нахилом, інтегрована в процес проектування та моделювання, підвищує точність і надійність розробки нових систем, та дозволяє перевірити технічне рішення на початковому етапі. Використання сучасних мікроконтролерів у створенні системи керування нахилом кузова та рекуперації коливань сприяє впровадженню інноваційних рішень у транспортну індустрію, відкриваючи нові можливості для подальших досліджень у залізничному транспорті.

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». Впроваджено результати роботи 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.).

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 11 наукових праць, серед яких 1 стаття, що індексується у базі Scopus; 3 статті у науковому фаховому виданні України категорії «Б», 7 публікацій на міжнародних та українських наукових конференціях апробаційного характеру.

Опублікований матеріал повністю відображає зміст дисертації та відповідає вимогам 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.

Оформлення дисертації та дотримання вимог академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Озулу Антона Борисовича повністю відповідає стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. 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.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Виконання імітаційного моделювання на ділянці шляху з різними умовами, такими як повороти, ухили та нерівності було б інформативніше, та дозволило б оцінити співвідношення енергетичних затрати та кількості рекуперованої енергії в реальних експлуатаційних умовах.

2. Було б корисно додати до розділу 4 детальний опис акумулюючої системи, оскільки наразі відсутня інформація про її тип, компоненти та інше.

3. У підписі рисунку 3.8 допущено помилку: "Осцилограма залежності діючої напруги від часу". Насправді, це осцилограма залежності діючого значення струму від часу.

4. Відповідно до схем електричних принципів у розділі 4, підключення блоку драйвера та блоку датчика нахилу здійснюється по шині SPI. Однак, ця шина не є промислового виконання, тому пропоную розглянути використання більш надійного та стійкого до електромагнітних перешкод промислового інтерфейсу, наприклад, RS-485.

5. У розділі 4 доцільно було б розглянути питання калібрування датчиків типу МЕМС, оскільки датчики цього типу потребують корекції їх нелінійності та температурного дрейфу для підвищення точності вимірювань.

6. В тексті дисертаційної роботи присутні граматичні, орфографічні та стилістичні помилки, деякі частини розділів можуть виглядати трохи ізольованими одна від одної.

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

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Озулу Антона Борисовича «Електромеханічна система регулювання коливань кузова швидкісного електропоїзду з нахилом кузова» виконана на високому рівні, не порушує вимог академічної доброчесності, є закінченим науковим дослідженням та 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.

Здобувач Озулу Антон Борисович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри альтернативної
електроенергетики та електротехніки
Харківського національного університету
міського господарства імені О.М. Бекетова


Олексій ЄГОРОВ

Вчений секретар

01.08.2024р.



Олег КАЛМИКОВ