

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Лукашової Наталі Павлівни на тему **«Підвищення ефективності роботи
ходової частини рейкового міського транспорту з використанням
електромеханічних амортизаторів»**, подану на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.22.09 – електротранспорт

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Міський електричний транспорт є невід'ємною частиною мегаполісів та великих міст. Ефективність його роботи залежить від сучасних технічних рішень, що впливають на безпеку руху і комфортність перевезень пасажирів.

Для рейкового міського електротранспорту основним елементом є ходова частина, яка працює в динамічному режимі. Це приводить до інтенсивних коливань кузова, що впливають на пошкодження елементів системи ресорного підвішування.

Для гасіння коливань кузова застосовують різні конструкції амортизаторів (гасителів). В залежності від умов експлуатації для вагонів рейкового транспорту використовуються гідравлічні, фрикційні або пневматичні гасителі коливань, що використовують електричну енергію для роботи. Кожна з таких конструкцій має свої переваги та недоліки, основним з яких є втрата енергії коливань на нагрівання.

Значний інтерес до амортизаційних систем ходових частин підкреслює актуальність роботи. Останні дослідження у цьому напрямку сприяють пошуку оптимальних рішень проблем, що направлені на надійність і ефективність роботи амортизаторів рейкового транспорту.

В роботі показано перспективний шлях використання електромеханічних амортизаторів. Автором проведено ретельний аналіз та визначені переваги даного технічного рішення.

При використанні електромеханічних амортизаторів зменшуються коливання ходових частин вагонів за рахунок регулювання сили демпфірування. Це підвищує ефективність їх роботи, а також безпеку руху і комфорт пасажирів. При цьому з'являється можливість рекуперації електричної енергії в низьковольтну мережу вагона метрополітена, яка може використовуватися для власних потреб рухомого складу.

Актуальність теми роботи підтверджується тим, що вона виконувалась у рамках договорів про навчально-наукову та технічну співпрацю з підприємствами й організаціями України відповідно до напрямку наукових досліджень:

– науково-дослідної держбюджетної теми МОН України «Розробка наукових основ створення, експлуатації та ремонту електромеханічних

систем житлово-комунального господарства» (№ ДРН 0111U008165);

– науково-дослідної держбюджетної теми МОН України «Удосконалення систем обслуговування і ремонтів та модернізація технічних засобів міського господарства» (№ ДРН 0114U002790);

– науково-дослідної держбюджетної теми МОН України «Розробка наукових основ вдосконалення електромеханічних транспортних систем» (№ ДРН 0117U000659);

– планів робіт з наукових семінарів НАН України «Наукові основи електроенергетики» (ХНУМГ ім. О.М. Бекетова).

Як виконавець, здобувач проводив дослідження, які відображені в дисертації, що проводилися згідно з госпдоговірними темами: договір № 3068/19 від 08.04.2019 р. м. Харків; договір №3171/20 від 03.02.2020 р. м. Харків.

Про відповідність дисертації сучасному рівню науки і техніки говорить кількість посилань на іноземні джерела інформації, яка використовувалась автором.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Обґрунтованість отриманих в дисертації наукових положень і результатів обумовлені використанням сучасних методів наукових досліджень таких як: метод поліномів Чебишева з апроксимацією результатів чисельних розрахунків магнітного поля; для визначення оптимальних параметрів електромеханічного амортизатора використовувались методи генетичних алгоритмів та метод Нелдера-Міда; для створення математичної моделі електромеханічного амортизатора при нестаціонарних процесах використовувались методи узагальненої теорії електромеханічних перетворювачів енергії, які базуються на вирішенні рівняння Лагранжа щодо електромеханічної системи; для розрахунку параметрів магнітного поля електромеханічного амортизатора, визначення механічних характеристик, а також ідентифікації математичної моделі при нестаціонарних процесах використовувався метод кінцевих елементів.

Вважаю, що основні положення, висновки та рекомендації науково обґрунтовані.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Забезпечується коректністю постановки задач дослідження та застосуванням класичної теорії електромагнетизму. Розроблено математичні і динамічні моделі для кінематичної схеми електромеханічної системи амортизатора з урахуванням нестаціонарних процесів. Отримані моделі відповідають фізичній суті описуваних об'єктів, а ступінь їх достовірності підтверджено комп'ютерним моделюванням в середовищі Matlab. Припущення та спрощення, які прийняті при створенні математичних моделей є допустимими при вирішенні поставленої задачі.

Наукова новизна одержаних результатів:

– вперше розроблено узагальнену математичну модель динаміки вагону метрополітену з електромеханічними амортизаторами, що враховує параметри ходової частини вагону, нелінійні властивості амортизаторів та технічний стан колії. Пропонована модель сприяє отриманню рівнянь, які характеризують роботу механічної системи «екіпаж-колія-шлях» і характеризують стан магнітного поля електромеханічних амортизаторів;

– удосконалено методи розрахунку показників динамічної якості ресорного підвішування ходової частини вагону метрополітену з електромеханічними амортизаторами, які дозволяють отримати критерій ефективності роботи амортизаторів при різних режимах.

Крім того знайшли подальший розвиток:

– теоретичні положення моделювання електромеханічних систем рекуперації енергії коливань з лінійними електромеханічними перетворювачами енергії із застосуванням постійних магнітів.

Практична значимість результатів роботи.

У роботі вирішена практична задача із синтезу конструкції електромеханічних амортизаторів для вагонів метрополітену, яка заснована на оптимізації геометричних параметрів та визначенні ефективності роботи амортизатора за критерієм плавності ходу. Представлені методи розрахунку та моделі можуть використовуватись для подальшого дослідження параметрів іншого рейкового транспорту.

Використання електромеханічного амортизатора для ходових частин рейкового міського електротранспорту сприяє безпеці руху, комфорту пасажирів та підвищенню ефективності роботи під час експлуатації.

На відміну від інших, електромеханічний амортизатор не тільки не потребує додаткових затрат на його роботу, а і сам генерує електричну енергію, яка повертається у бортову мережу вагону, зменшуючи витрати енергії на власні потреби.

Результати досліджень підтверджені актами провідних підприємств, що рекомендують їх до впровадження (АТ «Українська залізниця») та використовуються у навчальному процесі під час викладання дисциплін «Електричне обладнання транспортних засобів», «Механічне обладнання рухомого складу», «Автоматизоване проектування електромеханічних систем», «Технічна експлуатація електричного транспорту» на кафедрі електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях та апробація роботи.

Результати дисертаційної роботи викладено у 11 наукових працях. Серед них 6 статей опубліковано у фахових виданнях, які входять до

переліку ВАК України, зокрема 2 статті – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на науково-практичних конференціях та наукових радах «Наукові основи електроенергетики».

У цілому рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях відображають особистий внесок здобувача у вирішення поставлених задач та повністю відповідають вимогам МОН України.

Оцінка змісту та завершеності дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел (107 позицій) та двох додатків, містить 63 рисунки та 10 таблиць. Основна частина дисертації складає 146 сторінок.

У вступі подано загальну характеристику дисертації; обґрунтовано актуальність теми; показано зв'язок роботи з науковими темами, програмами та планами; сформульовано мету і завдання наукового дослідження; наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі визначені основні проблеми, які виникають під час експлуатації ходових частин вагонів рухомого складу, наведені фактори, що впливають на їх роботу. Проаналізовано відомі технічні рішення використання конструкцій амортизаторів. Запропоновано нове технічне рішення використання електромеханічних амортизаторів в існуючих ходових частинах рейкового міського транспорту. Вони мають можливість не тільки регулювати силу демпфування в залежності від режимів руху транспортного засобу, а й утилізувати енергію коливань рухомого складу та повернути її до електричного кола транспортного засобу для повторного використання.

У другому розділі на основі результатів аналізу і відповідно щодо мети роботи проведено вибір основних розмірів електромеханічного амортизатора. Для оптимізації геометричних параметрів розроблено спрощену математичну модель, щодо визначення електромагнітної та електрорушійної сили.

Для перевірки адекватності моделі проведено комплекс цифрових експериментів та розрахунків параметрів механічної характеристики амортизатора методом кінцевих елементів в середовищі FEMM. Під час розрахунку отримано картину магнітного поля та механічні характеристики амортизатору, що підтверджує адекватність моделі та співпадіння результатів розрахунку.

На основі отриманої моделі проведено постановку задачі оптимізації параметрів, а саме: товщину постійного магніту та обмотки, діаметр внутрішнього осердя та число витків обмотки якоря, які лінійно незалежні від інших параметрів. В якості цільових функцій обрано наступні критерії: затрати на створення амортизатору; енергія, яку може бути рекуперовано амортизатором за час своєї роботи.

Для рішення задач оптимізації використовувався комбінований метод, що включає генетичний алгоритм для глобального пошуку, а на

Для рішення задач оптимізації використовувався комбінований метод, що включає генетичний алгоритм для глобального пошуку, а на завершальному етапі оптимізаційної процедури уточнення здійснюється методом Нелдера-Міда. При використанні цих методів отримано оптимальні геометричні параметри електромеханічного амортизатора.

У третьому розділі розроблені математична і динамічна моделі з урахуванням кінематичних схем систем і нестационарних процесів у електромеханічному амортизаторі. На підставі вирішення рівняння Лагранжа для електромеханічної системи розроблено математичну модель розрахунку параметрів електромеханічного амортизатора, що має вигляд задачі Коши.

У результаті рішення задачі та апроксимації результатів отримані залежності від переміщення та струму обмотки: електромагнітної сили, потокозчеплення котушки якоря, диференційної індуктивності та коефіцієнту протиелектрорушійної сили. Враховуючи нестационарні процеси, що відбуваються під час експлуатації електромеханічного амортизатора, отримано математичну модель, що враховує не тільки нелінійні властивості магнітного кола, а й випадковий характер нерівностей шляху.

У четвертому розділі встановлена ефективність застосування електромеханічного амортизатора для вагона метрополітена. Порівняльний аналіз проводився між параметрами пружного ресорного підвішування та ресорного підвішування з використанням електромеханічного амортизатора. Він показав, що пружинне підвішування на основі електромеханічних амортизаторів має значну перевагу за всіма показниками якості у всьому діапазоні швидкостей руху. Таким чином доведено ефективність застосування електромеханічного амортизатора в ходових частинах вагона метрополітена та встановлена залежність середньої потужності, яку генерує електромеханічний амортизатор при різних швидкостях руху.

Зауваження по дисертації:

1. З роботи незрозуміло чому на рисунках 2.3-2.5 вказано робочий хід амортизатора 40 мм, а в описі (стор. 51) і на механічних характеристиках (рис.2.6) наведено хід в 80 мм.

2. На стор. 77 наведено посилання на рисунок 3.9, але він показаний тільки на стор. 92. Посилання на рисунки 3.1-3.8 раніше відсутні.

3. На стор. 77 наведено посилання на координати q_1 і q_2 , але на рисунку 3.1 вони відсутні.

4. Не узгоджуються позначення, які прийняті на стор. 93 і наведені на рисунку 3.11 (стор. 95).

5. У ряді формул використовуються одні й ті ж позначення, що мають різний зміст і значення (L - лагранжіан, індуктивність і довжина рейки).

6. На стор. 124 вказується введення обмежень амплітуди коливань кузова в тунелі без пояснень і цифр.

7. На стор. 127 сказано що $2M \rightarrow \infty$ і там же наведено значення $2M = 9600$.

8. На жаль в роботі відсутні експериментальні підтвердження отриманих результатів.

9. У тексті є орфографічні і синтаксичні помилки.

Наведені вище зауваження не погіршують загальне достатньо високе позитивне враження про роботу як наукову працю та не зменшують її наукової та практичної цінності.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Лукашової Наталі Павлівни на тему «Підвищення ефективності роботи ходової частини рейкового міського транспорту з використанням електромеханічних амортизаторів», за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.09 – електротранспорт. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка вирішує важливу науково-практичну задачу щодо підвищення експлуатаційних показників рухомого складу, рівня безпеки руху та комфорту пасажирських перевезень за рахунок підвищення ефективності роботи ходової частини рейкового міського транспорту з використанням електромеханічних амортизаторів.

Дисертація повністю відповідає п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567 щодо здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Здобувач Лукашова Наталя Павлівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

Офіційний опонент
директор НДПКІ «Молнія»
НТУ «ХП»,
д.т.н., професор



Сергій БУРЯКОВСЬКИЙ