

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Федотова Владислава Олександровича

«Динаміка тягових електромеханічних комплексів рудникових електровозів з урахуванням експлуатаційних чинників залізорудних шахт»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси і системи.

Актуальність теми дисертації

Проведений здобувачем аналіз існуючих систем керування тяговими електромеханічними комплексами вітчизняних рудникових електровозів показує, що вони не відповідають сучасним вимогам надійності та енергоефективності, а як відомо, зменшення витрат електроенергії – задача державного значення.

Вирішенням цієї комплексної і безумовно актуальної задачі займався здобувач Федотов В. О. в ході виконання своєї дисертаційної роботи.

Актуальність дисертаційного дослідження підтверджується відповідністю тематики проведених в ній досліджень до головних напрямків державної науково-дослідної програми «Розробка енергозберігаючих заходів на підприємствах гірничодобувної промисловості» (№ДР 01115U003180), Кривий Ріг – 2015–2016 рр., та меті державної програми розвитку машинобудування на 2006-2016 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 18.04.2006 р №516.

Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та 14 додатків. Основний текст викладено на 150 сторінках друкованого тексту. Загальний обсяг роботи – 247 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, сформульовано складові наукової новизни, практичного значення одержаних результатів. Наведено відомості про публікації та апробацію результатів роботи на конференціях. Вказано на зв'язок роботи з темами НДР.

У першому розділі здобувачем показано, що показники функціонування основної транспортної одиниці внутрішньошахтного транспорту залізорудних шахт – електропотягів, є незадовільними по ряду факторів, таких як надійність, продуктивність і безпеці експлуатації. Визначено, що низькі показники функціонування визначаються видом і структурою тягових електромеханічних комплексів (ТЕМК) внутрішньошахтного транспорту. Встановлено, що основна причина найбільш частих пошкоджень рудникових електровозів – динамічні навантаження, викликані коливальними процесами комплексу: «електровоз – вагонетки», визначені типом і алгоритмом управління ТЕМК електровоза; станом рейкових шляхів і контактного проводу; коефіцієнтом зчеплення коліс з рейками; типом зчіпних пристроїв; масою рухомого складу; людським фактором. Визначено, що підвищення показників функціонування можливе завдяки застосуванню автоматизованих систем керування внутрішньошахтного транспорту на базі сучасних тягових електромеханічних комплексів електровозів.

У другому розділі здобувачем виконані аналітичні дослідження динаміки поведінки електромеханічних комплексів рудникових типів електропотягів. Виконано теоретичні дослідження динамічних процесів з урахуванням нелінійних властивостей зчіпних пристроїв в комплексах «електровоз – вагонетки». Це дозволило отримати аналітичні вирази для оцінки рівнів впливу параметрів системи та величин збурювальних чинників на динаміку поведінки електропотяга. Розглянуто діаграми руху рудникового електропотяга. Отримано диференціальні рівняння руху електропотяга та

визначено завдання оптимального керування електропотяга. Побудовано базову структуру алгоритму керування тяговим електромеханічним комплексом електровоза.

У *третьому розділі* наведена тактика підходу до синтезу системи керування ТЕМК рудникового електровоза. Отримані матричні рівняння стану лінеаризованої динамічної системи «електровоз – вагонетки». Розроблено алгоритм для знаходження коефіцієнтів жорсткості та демпфування зчіпних пристроїв, величина яких дозволяє мінімізувати або усунути коливання в комплексах «електровоз – вагонетки». Виконано аналіз впливу люфтів зчіпних пристроїв на динаміку поведінки рудникових електропотягів. Розроблено алгоритм ідентифікації параметрів електропотяга для отримання моделі багатомасової електромеханічної системи «електровоз – вагонетки». Для визначення порядку рівнянь динамічної системи «електровоз – вагонетки» було застосовано діаграму коефіцієнтів. Також було синтезовано структурну схему замкненої системи керування швидкістю тягового двигуна електропотяга. Наведено результати ідентифікації параметрів системи, отримано передавальні функції систем з різними порядками.

У *четвертому розділі* виконано аналіз динамічних процесів в тяговому комплексі «електровоз – вагонетки» на розробленій автором моделі. В ході моделювання аналізувались два варіанти структур тягових електромеханічних комплексів – реостатно-контакторна схема з тяговим електричним двигуном постійного струму (РКС – ДПС) та інвертор напруги з тяговим асинхронним двигуном (ІН – ТАД). Визначено, що на існуючій структурі тягових електромеханічних комплексів РКС – ДПС дуже складно вирішити проблему точного позиціонування вагонеток при русі під завантаження та розвантаження на відміну від системи ІН – ТАД.

Для можливості точного позиціонування вагонеток автором запропоновано спосіб зупинки вагонеток. Також визначено умови забезпечення процесу гальмування електропотяга для можливості точного позиціонування вагонеток при відсутності будь-яких сенсорів зворотних зв'язків на вагонетках електропотяга. Доведена можливість зменшення коливань та динамічних зусиль у комплексі «електровоз – вагонетки», а також енергозбереження тягових електромеханічних комплексів.

У *п'ятому розділі* наведені результати лабораторних досліджень тягового електромеханічного комплексу. Отримані експериментальним способом результати з програмною реалізацією процесу зменшення динамічних коливань підтверджують результати, які були отримані теоретичним шляхом та при моделюванні.

У *загальних висновках* наведено наукові та практичні результати, які були отримані в дисертаційній роботі.

У *додатках* наведено результати розрахунків, структури моделей та результати моделювання, інформація про впровадження результатів, список опублікованих праць за темою дисертації, відомості про апробацію результатів дисертації.

Наукова новизна отриманих результатів:

Наукова новизна основних результатів, які були отримані автором дисертаційної роботи:

1. Вперше для тягових комплексів контактних рудникових електровозів показано та формалізовано визначальний вплив динамічних режимів на поведінку електропотяга як багатомасової неоднорідної електромеханічної системи в залежності від типу підземних гірничих виробок залізрудних шахт з метою доповнення закону керування рухом потяга засобами мінімізації небажаних коливань, що дало змогу підвищити енергоефективність функціонування транспортної системи в цілому.

2. Вперше запропоновано для оцінювання порядку математичної моделі системи використовувати метод діаграми коефіцієнтів і встановлено, що для синтезу відповідного регулятора швидкості системи керування тяговими електромеханічними комплексами варто розглядати систему як систему третього порядку;

3. Отримала подальший розвиток теорія синтезу систем керування для тягових електромеханічних комплексів, які містять складну структуру механічної частини, шляхом використання регулятора швидкості, який налаштовується у відповідності до полюсів передатної функції динамічної системи, отриманої шляхом ідентифікації з комбінованим використанням узагальненого та зваженого методу найменших квадратів, а також діаграм коефіцієнтів системи: «електровоз – вагонетки».

Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність, новизна, практичне значення

Всі положення, висновки і рекомендації, які приведені в дисертації в достатній мірі науково обґрунтовані. Припущення та спрощення, що прийняті в дослідженнях, допустимі для розв'язання наукових задач, які розглядалися в даній роботі.

Висновки розділів та роботи в цілому є об'єктивними, відповідають змісту дисертації та повністю відповідають зазначеним завданням дослідження.

Теоретичні положення і практичні результати дисертації пройшли апробацію на науково-технічних конференціях та оприлюднені у наукових виданнях.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що:

– розроблена і реалізована методика проведення експериментальних досліджень динаміки поведінки електропотягів в умовах залізородних шахт;

– розроблена та рекомендована для втілення в практику досліджень тягових електромеханічних комплексів рудникових електровозів методика аналізу електромеханічних процесів;

– розроблена тактика формування алгоритму управління тяговим електромеханічним комплексом рудникових електровозів з двома осями.

Результати досліджень впроваджено у навчальному процесі Криворізького національного університету та передані для їх реалізації при модернізації тягових електромеханічних комплексів експлуатованих електровозів, а також в практику розробки, створення і випуску нових електроенергоєфективних видів тягових електроприводів і систем автоматичного управління рудникових електровозів спеціалізованим організаціям і підприємствам – ТОВ «Амплітуда» (м. Київ), ТОВ «Електрозахист» (м. Харків) і ПАТ «Електромашина» (м. Харків).

Апробація результатів роботи та публікації

Основні положення і результати дисертаційної роботи достатньо повно представлені автором в 22 опублікованих наукових працях та пройшли апробацію на науково-технічних конференціях, серед яких: 7 статей у наукових фахових виданнях, в тому числі 1 стаття у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus; 1 стаття у закордонному періодичному виданні; 5 статей у наукових журналах і збірниках наукових праць, 5 у матеріалах конференцій; 3 монографії; патент України на корисну модель.

Відповідність автореферату дисертації

Автореферат дисертації за змістом, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, висновками та рекомендаціями повністю відповідає рукопису дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У п. 1 висновків до першого розділу зазначається, що транспортні засоби, які використовуються у залізорудних шахтах, є незадовільними, у т. ч. за показниками безпеки, проте такий висновок може робитися лише на основі аналізу статистики нещасних випадків, але така статистика у роботі не аналізується.

2. У п. 2 висновків до першого розділу сказано, що тягові електромеханічні комплекси зазнають «коливань режимів функціонування». Проте, на думку опонента, коливатися можуть лише фізичні величини, що характеризують відповідний режим роботи, а самі режими можуть лише змінюватися, але не коливатися.

3. У п. 1 висновків до другого розділу зазначено «величин збурюючих факторів (режимів руху)». Чи означає це, що автор розглядає режим роботи об'єкту керування та збурюючі фактори, як синонімічні поняття? У загальноприйнятій термінології теорії автоматичного керування ці поняття є зовсім різними, а вищезгадана фраза ускладнює розуміння представлених результатів дослідження.

4. Як правило, системи керування електроприводами (у т. ч. тяговими) проектуються, виходячи з вимог щодо отримання відповідних показників якості регулювання за будь-якого характеру зміни збурюючих сигналів. Проте, в п. 2 висновків до другого розділу автор зазначає про отримання універсальних аналітичних рівнянь динамічних навантажень для подальшого використання при розробці системи керування. Чому не можна було використати традиційні підходи, які дозволили б отримати астатичну систему необхідного порядку задля забезпечення заданого закону зміни швидкості компонентів електропотягу? Який порядок астатизму має розроблена автором система?

5. В тексті третього розділу сила опору руху (формула 3.3), матриця змінних стану (формула 3.10) та передавальна функція (формула 3.20) позначені однаково (літерою W), що є некоректним з точки зору представлення результатів наукового дослідження і суттєво ускладнює розуміння викладеного матеріалу.

6. Незрозуміло, з яких причин тяговий двигун моделюється як цифрова система (рис. 4.5), хоча за своєю природою є аналоговою системою. Для чого до даної частини системи було застосовано апарат z-перетворень?

7. З огляду на те, що робота присвячена, зокрема і підвищенню енергоефективності рудникових електровозів, недоліком є відсутність інформації про позитивний ефект впровадження результатів досліджень здобувача в цьому аспекті.

8. У тексті дисертації та автореферату зустрічається низка русизмів та термінів, які неправильно перекладено з російської мови, наприклад: «передаточная функция» - правильно «передавальна функція», а не «передатна або передаточна»; «электрические цепи» - правильно «електричні кола», а не «ланцюги»; «датчики» - правильно «сенсори» і т.п., крім того у тексті зустрічаються випадки пропущених розділових знаків та помилки у словах та позначеннях (наприклад стор. 21, 36, 51, 98, 107, 169 дисертації та 1, 4, 10 та 11 автореферату).

Висновки

Зазначені недоліки не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, виконаної на високому науковому рівні і оформленої згідно з вимогами. Дисертація Федотова В.О. за змістом, обсягом та оформленням відповідає спеціальності 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи, за якою вона представлена до захисту.

Оцінюючи дисертаційну роботу Федотова В.О. в цілому, слід зазначити, що вона є закінченою самостійною роботою, в якій отримано нові

науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують актуальне наукове завдання підвищення ефективності функціонування тягових електромеханічних комплексів рудникових типів електровозів шляхом зменшення рівня негативного впливу динамічних процесів у структурах «електровоз – вагонетки» на складові процесу транспортування з урахуванням експлуатаційних чинників залізрудних шахт.

В цілому дисертаційна робота «Динаміка тягових електромеханічних комплексів рудникових електровозів з урахуванням експлуатаційних чинників залізрудних шахт» відповідає вимогам пунктів 9 та 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. №656), що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Федотов Владислав Олександрович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – «Електротехнічні комплекси та системи».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу транзисторних перетворювачів
Інституту електродинаміки НАН України



О. М. Юрченко

Підпис О.М. Юрченко засвідчую.
Вчений секретар ІЕД НАН України, к.т.н.



О. Г. Кофто