

**ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Кулагіна Людмила Іванівна

УДК 629.4.067.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОТИБУКСОВОЧНОГО  
ЗАХИСТУ ТЕПЛОВОЗІВ**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків – 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі "Міський електричний транспорт" Харківської державної академії міського господарства, Міністерство освіти і науки України

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Далека Василь Хомич**  
Харківська державна академія міського господарства,  
кафедра "Міський електричний транспорт",  
завідувач кафедрою

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор **Голубенко Олександр Леонідович**,  
Східноукраїнський національний університет, кафедра "Залізничний транспорт",  
завідувач кафедрою (м.Луганськ);

кандидат технічних наук, **Носков Валентин Іванович**, Науково-дослідний інститут НВО "Електроважмаш", головний конструктор (м.Харків).

**Провідна установа**

Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту,  
кафедра "Локомотиви", Міністерство транспорту України (м.Дніпропетровськ)

Захист відбудеться " \_\_ " \_\_\_\_\_ 2002 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Харківської державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м.Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту, 61050, м.Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий " \_\_ " \_\_\_\_\_ 2001 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Запара В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Вступ.** Підвищення ефективності використання тепловозів вимагає подальшого поліпшення його техніко-економічних характеристик. Сучасні економічні умови свідчать, що основні перевезення на найближчі 5-10 років будуть забезпечуватися тепловозами, які розроблені і виготовлені раніше. Тому доцільно проводити їх модернізацію для впровадження нових технічних заходів, що відповідають сучасному рівню техніки та одночасно не передбачають значних змін конструкції тепловозу. Поліпшити тягово-зчіпні властивості цих тепловозів і знизити експлуатаційні, у тому числі паливно-енергетичні витрати, можливо за рахунок підвищення їх протибуксовочних властивостей.

Виходячи з цього, в дисертації приведено результати теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації магістральних тепловозів потужністю 2200 кВт з паралельним з'єднанням тягових електродвигунів за рахунок удосконалення системи протибуксовочного захисту.

**Актуальність теми.** Однією з важливіших характеристик тепловозу є максимальна сила тяги, яка стійко реалізується їм як при зрушенні з місця, так і у русі. Сила тяги, яка розвивається тепловозом, обмежується границею по зчепленню колеса з рейкою. Як свідчить досвід експлуатації магістральних тепловозів при їх роботі поблизу режимів реалізації граничних сил зчеплення або проїзду ділянки залізничної колії з низькими зчіпними умовами, спостерігається дуже негативний режим - буксування колісних пар. Буксування обумовлює недовикористання паспортної потужності тягової рухомої одиниці, значні втрати тяги і енергії, обмеження ваги поїзду, зменшення швидкості руху та зниження його безпеки і продуктивності праці локомотивних бригад. Процес буксування призводить до прискореного зносу тягового обладнання, а саме колісно-моторних блоків, бандажів колісних пар і рейок, що спричиняє збільшення експлуатаційних витрат. Загалом буксування негативно впливає на пропускну і провізну спроможності тягового рухомого складу.

Одним з ефективних шляхів зменшення негативних наслідків процесу буксування є застосування систем протибуксовочного захисту. Ці системи здатні вчасно виявити і припинити буксування будь-якої колісної пари, запобігати його поширенню на інші колісні пари, а також обмежувати швидкості надмірних ковзань колісних пар, які буксують, можливо ближче до максимуму характеристики зчеплення, забезпечивши тим самим найвищі тягові властивості рухомої одиниці. Однак системи протибуксовочного захисту, які застосовуються на даний час на магістральних тепловозах, виготовлених раніше, потужністю 2200 кВт з передачею перемінно-постійного струму, не повною мірою вирішують цю проблему через їх низьку чутливість і недостатню міру протибуксовочного впливу. У першу чергу це обумовлено недоліками

побудови системи протибуксовочного захисту та недостатньою оцінкою її основних параметрів, що враховувало б як їхній взаємозв'язок між собою, так і з електропередачею тепловоза в цілому. Перспективні схемні рішення з використанням елементів електронної техніки і мікропроцесорних пристроїв високоефективні, але досить складні і передбачають значні зміни електричної схеми і конструкції усїєї рухомої одиниці. Внаслідок цього, такі розробки прийнятні в основному для нових серій тепловозів і не знайшли широкого практичного застосування на тепловозах, що знаходяться в експлуатації. Між тим, удосконалення діючої системи протибуксовочного захисту (зокрема тепловоза 2ТЕ116), що має недоліки, досі вирішувалась без достатнього наукового обґрунтування. Тому з урахуванням проблем і потреб експлуатації, удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів доцільно заснувати на новому науковому підході та проводити по більш економічному шляху, тобто з меншими витратами.

Задача вирішення важливого наукового та практичного завдання удосконалення та впровадження на магістральних тепловозах, ефективної і надійної в роботі системи протибуксовочного захисту, є необхідною і актуальною для залізничного транспорту.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку згідно з Концепцією реструктуризації на залізничному транспорті України та Комплексної державної програми енергозбереження України, схваленої Кабінетом Міністрів України (Постанова Кабінету Міністрів №148 від 05.02.1997 р. та №1040 від 27.06.2000р.), а також в рамках науково-технічної частини Державної програми "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", введеною в дію постановою Кабінету Міністрів України №769 від 02.06.1998р. Робота виконана за науково-технічною тематикою кафедри "Міський електричний транспорт" (МЕТ) Харківської державної академії міського господарства (ХДАМГ), визначеною галузевою програмою "Наука", та згідно з науково-технічною тематикою, яка розробляється кафедрою "МЕТ" сумісно з кафедрою "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Харківської державної академії залізничного транспорту., а також з науково-дослідною темою 1367/95 (держ. реєстрація №0196U006494), виконаною за участю автора як співвиконавця на кафедрі "МЕТ" ХДАМГ.

**Мета і задачі дослідження.** Мета дисертаційної роботи - удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів для поліпшення їх тягово-зчіпних властивостей і зниження експлуатаційних витрат, у тому числі паливно-енергетичних, що в цілому приводить до підвищення ефективності експлуатації магістральних тепловозів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані і вирішені такі задачі:

– проведено аналіз стану систем протибуксовочного захисту локомотивів, їх функціональних вузлів та дослідження закономірностей процесу буксування;

- синтезовано систему протибуксовочного захисту тепловозів, виявлено зв'язок між її функціональними вузлами, розроблена узагальнена схема та уточнені основні вимоги до цих систем;

- на основі виявлених закономірностей розроблені наукові підходи щодо удосконалення системи протибуксовочного захисту магістральних тепловозів потужністю 2200 кВт з передачею перемінно-постійного струму та розроблена конкретна конструкція;

- встановлено взаємозв'язок між основними параметрами системи протибуксовочного захисту: чутливістю, коефіцієнтом звороту і протибуксовочним впливом та виявлено вплив на їх величини показників електропередачі і колісно-моторного блоку тепловозу;

- розроблена математична модель визначення основних параметрів системи протибуксовочного захисту при квазістатичних та динамічних режимах буксування, запропонована їх комплексна оцінка та визначені раціональні величини цих параметрів;

- у результаті теоретичних досліджень отримані залежності чутливості, коефіцієнта звороту і міри протибуксовочного впливу від швидкості руху тепловоза в квазістатичному і динамічному режимі з урахуванням характеристик тягового генератора;

- доопрацьована експериментальна оцінка випробувань стабільності роботи і ефективності дії розробленої системи протибуксовочного захисту та проведені експериментальні дослідження, у тому числі в умовах експлуатації на тепловозах;

- визначені техніко-економічні показники впровадження удосконаленої системи протибуксовочного захисту на тепловозах.

*Об'єкт дослідження* – тепловоз.

*Предмет дослідження* – система протибуксовочного захисту тепловозів.

*Методи дослідження.* Для досягнення поставленої мети в роботі використані такі методи досліджень:

- теоретичні, з використанням математичного моделювання електромеханічних процесів, що відбуваються в електричних і магнітних колах силових схем тепловозу при буксуванні, застосуванням графо-аналітичного методу, методів аналізу та обчислювальної математики;

- експериментальні, на базі натурних і поїзних випробувань, та апаратні (інструментальні) дослідження із застосуванням контрольно-вимірювальних приладів;

- співставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень з використанням методів статистичного аналізу, математичної обробки матеріалів спостережень експерименту.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті виконання роботи вирішена наукова задача - удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів. При цьому:

- вперше встановлено взаємозв'язок між параметрами системи протибуксовочного захисту: чутливістю, коефіцієнтом звороту і

протибуксовочним впливом між собою та виявлено вплив на їх величини показників електропередачі і колісно-моторного блоку тепловозу;

- запропоновано математичну модель визначення параметрів системи протибуксовочного захисту тепловозів з урахуванням встановлених закономірностей протікання основних процесів буксування при квазістатичних та динамічних режимах;

- вперше комплексно оцінено основні параметри системи протибуксовочного захисту тепловозів та запропоновано визначення їх раціональних значень, що дозволяє підвищити ефективність роботи системи;

- отримані залежності чутливості, коефіцієнта звороту і міри протибуксовочного впливу від швидкості руху тепловоза в квазістатичному і динамічному режимі та характеристик тягового генератора і здійснено вибір їх величин;

- запропоновано узагальнену функціональну схему системи протибуксовочного захисту тягової рухомої одиниці та уточнено вимоги до цих систем, що дозволяє розробити наукові підходи до їх створення;

- розроблено наукові підходи до створення системи протибуксовочного захисту тепловозів, що дозволяє розробляти конкретні конструкції систем, які спроможні своєчасно виявити та ефективно і швидко припинити буксування, що почалося, при поліпшенні електромеханічних процесів;

- дістала подальший розвиток експериментальна оцінка якості роботи системи протибуксовочного захисту тепловозів, яка дозволяє врахувати вплив режимів та експлуатаційних факторів на ефективність їх дії;

- визначені техніко-економічні показники впровадження удосконаленої системи протибуксовочного захисту на тепловозах, що підтверджують доцільність її впровадження.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.** Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується об'єктивно існуючою залежністю інтенсивності буксування від швидкості руху тепловозу. Достовірність результатів ґрунтується на фундаментальних положеннях фізики, теоретичної механіки та математичного моделювання. Підтвердженням достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації є задовільний збіг результатів теоретичних досліджень з даними експериментів з точністю не нижче 7%, та впровадження на Південній залізниці, а також отриманим техніко-економічним ефектом при експлуатації дослідного парка за рахунок зменшення експлуатаційних, у тому числі паливно-енергетичних витрат. Новизну технічних рішень за результатами роботи - розробленої конструкції системи протибуксовочного захисту тепловозу, підтверджено двома авторськими свідоцтвами та патентом на винаходи.

**Наукове значення роботи.** Отримані результати спрямовані на вирішення наукових задач удосконалення конструкцій рухомого складу залізниць та математичного моделювання електромеханічних процесів в тяговому приводі тепловозів при буксуванні з точки зору підвищення тягово-

зчіпних властивостей тепловозів. У цілому дисертаційна робота є внеском у вирішенні наукової задачі удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів для підвищення ефективності використання тепловозного парку залізниць.

**Практичне значення отриманих результатів.** Вирішення наукової задачі та впровадження удосконаленої системи протибуксовочного захисту тепловозів дозволяє виконати залізницям більші обсяги роботи і одержати додатковий прибуток за рахунок більш повного використання їх встановлених потужностей, підвищення надійності роботи вузлів, і зниження експлуатаційних, у тому числі паливно-енергетичних витрат. Отримані результати можуть бути використані при створенні та модернізації систем протибуксовочного захисту не тільки тепловозів, але і інших видів рухомого складу з паралельним з'єднанням двигунів (тягових одиниць промислового та міського транспорту). Матеріали дисертації використані в навчальному процесі у Харківській державній академії міського господарства при викладанні спеціальних дисциплін та дипломному проектуванні.

**Особистий внесок здобувача.** Одноосібно здобувачем опубліковано 3 роботи [2,4,9]. В роботах із співавторами особистий внесок автора полягає у наступному: [1] – автором розроблена принципова схема протибуксовочного захисту; [3] – автором сформульовано основні критерії та доопрацьовані вимоги до системи протибуксовочного захисту, виконані розрахунки параметрів та проведені її всебічні дослідження; [5,6,7] – розробка вузлів пристроїв нарівні з співавторами та аналіз існуючих протибуксовочних систем; [8] – автором запропоновано пристрій для захисту від буксування транспортної одиниці та методика визначення його параметрів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні ідеї, положення та результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми та перспективи ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві", м.Харків, 1995р.; науково-технічних конференціях Харківської державної академії залізничного транспорту і Харківської державної академії міського господарства, м.Харків, 1989-2001рр. В повному обсязі дисертаційна робота докладалася на науково-технічних семінарах кафедр Харківської державної академії міського господарства та Харківської державної академії залізничного транспорту, м.Харків, 2000-2001рр. Результати роботи пройшли апробацію на тепловозах 2TE116 Південної залізниці та використані в навчальному процесі у Харківській державній академії міського господарства.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано дев'ять наукових праць (п'ять основних і чотири додаткові), у числі яких два авторські свідоцтва та патент України на винаходи, а також тези двох конференцій (три роботи – без співавторів).

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 5 додатків.

Повний обсяг дисертації складає 119 сторінок, у тому числі 111 сторінок друкованого тексту, 55 ілюстрацій, список використаних літературних джерел з 100 найменуваннями. Крім цього, у роботі 7 сторінок додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** розкриті сутність і стан наукової задачі удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів для підвищення ефективності роботи тепловозів, які розроблені і виготовлені раніше та знаходяться в експлуатації, обґрунтована актуальність і доцільність роботи, наукова новизна і практична цінність напрямку досліджень. Формулюється мета дисертаційної роботи й основні завдання, які необхідно вирішити.

**У першому розділі** приведено аналіз стану досліджуваної проблеми та розглянуті методи і технічні рішення, які спрямовані на підвищення ефективності роботи систем захисту від буксування колісних пар локомотивів, а також розроблено схему досліджень.

Проблемі використання граничної сили тяги за умовами зчеплення колісних пар із рейками без виникнення буксування та удосконалення систем захисту тягового рухомого складу від буксування приділяється суттєва увага як в Україні, так і за рубежом. Відомо значна кількість робіт, присвячених цій тематиці. Великий внесок у вирішенні цієї проблеми внесли наукові школи, очолювані такими вченими як Голубенко О.Л., Ісаєв І.П., Кузнецов Т.Ф., Коняєв О.М., Коротенко М.Л., Куценко С.М., Лазарян В.А., Стрекопитов В.В., Феоктистов В.П., Манашкін Л.А., Павленко А.П., Редько С.Ф., Ушкалов В.Ф. та іншими. В останні роки значна кількість досліджень в цьому напрямку виконується в галузі рухомого складу метрополітену, локомотивів залізниць та міського електротранспорту під керівництвом Далеки В.Х.

Розглянуто загальні закономірності і шляхи рішення досліджуваних питань, що дозволило прийти до висновку про необхідність подальшого удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів. Сформульовано вимоги до цих систем, на основі яких синтезовано систему протибуксовочного захисту та запропонована її узагальнена функціональна схема, яка відображає різноманітність структур. Розглянуто та дано оцінку основних пристроїв системи протибуксовочного захисту з погляду їх придатності для виконання покладених на них функцій і обґрунтовано використання конкретних пристроїв та створення системи у цілому. Згідно розробленої узагальненої функціональної схеми, система протибуксовочного захисту тягової рухомої одиниці представлена сукупностями: пристрою виявлення буксування, що містить датчики і блок обробки сигналів, та пристрою припинення з індикацією буксування. Аналіз розробок в області систем захисту від буксування тепловозів дозволив обґрунтувати необхідність нового наукового підходу до їх створення та оцінки параметрів. Наприкінці



глави поставлені задачі дисертаційної роботи, реалізація яких дозволяє удосконалити систему протибуксовочного захисту тепловозів з мінімальними витратами та підвищити ефективність роботи тепловозів.

**В другому розділі** обґрунтовано новий науковий підхід до створення системи протибуксовочного захисту тепловозу та оцінці її параметрів. Приведено опис конструкції удосконаленої системи протибуксовочного захисту стосовно тепловозу 2ТЕ116 та принцип її дії. Викладено оцінку чутливості системи за розробленою методикою та приведені її теоретичні дослідження. На основі розрахункових схем системи розроблена математична модель визначення чутливості в квазістатичному та динамічному режимі буксування, що відображає електромеханічні процеси з урахуванням режимів тягових електродвигунів (ТЕД) та швидкості руху тепловозу.

Виникнення і розвиток буксування колісної пари локомотива обумовлене появою різниці між дотичною силою тяги  $F_0$  та силою зчеплення  $T_0$ , яка викликає приведення до поступального руху кутове прискорення КМБ при надмірному ковзанні  $\frac{dV_{\text{КОВЗ}}}{dt}$ . В спрощеній формі, при лінійній апроксимації на відтинках, сила тяги колісної пари, що буксує, може бути описана, як

$$F_T = F_0 [1 - \chi(nV_n + V_{\text{КОВЗ}})],$$

де  $\chi$  – жорсткість групової тягової характеристики, що визначає залежність сили тяги від суми швидкостей  $n$  – колісних пар, двигуни яких з'єднані послідовно в одній групі,  $V_n$  – швидкість поступального руху.

З боку рейок, при такій же лінійній апроксимації на відтинках, діє сила зчеплення:

$$F_{\text{зч.}} = T_0 (1 - \rho V_{\text{КОВЗ}}),$$

де  $\rho$  – жорсткість характеристики сили зчеплення при буксуванні.

Інші,  $(m-1)n$  - з загальної кількості колісних пар, чий двигуни з'єднанні у  $m$ - паралельних груп по  $n$  послідовно, розвивають сили тяги, залежні тільки від поступальної швидкості  $V_n$ , що приводять до зміни прискорення усього поїзду вагою  $G_n$  та локомотива вагою  $G_L$ . Таким чином, рівняння руху під час буксування мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{9,81}{10^3 [G_n (1 + \gamma_n) + G_L (1 + \gamma_L)]} [(m-1)n \cdot F_0 (1 - \chi_n V_n) + \\ + F_0 [1 - \chi(nV_n + V_{\text{КОВЗ}})] + T_0 (1 - \rho V_{\text{КОВЗ}}) - W = \frac{dV_n}{dt}; \\ F_0 [1 - \chi(nV_n + V_{\text{КОВЗ}})] - T_0 (1 - \rho V_{\text{КОВЗ}}) = m_{\text{екв}} \frac{dV_{\text{КОВЗ}}}{dt} \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $G_{\text{п}}$ ,  $G_{\text{л}}$  – вага поїзда та локомотива;  $(1+\gamma_{\text{п}})$ ,  $(1+\gamma_{\text{л}})$  – коефіцієнти інерції обертових частин поїзда та локомотива;  $W$  – сила опору рухові;  $m_{\text{екв}}$  – еквівалентна маса обертових частин КМБ.

При цьому, крім зміни жорсткості  $\chi = \varphi(nV_{\text{п}} + V_{\text{ковз.}})$  по відтинках апроксимованої тягової характеристики, може бути врахована зміна жорсткості характеристики сили тяги, обумовлена зміною умов зчеплення по довжині та очищенням бандажу за певний період  $t$ :  $\rho = f(S, t)$ ,  $dS = V_{\text{п}} dt$ .

Розв'язання рівняння (1) відносно  $V_{\text{п}}$ ,  $V_{\text{ковз.}}$  дає змогу перейти до визначення закономірностей змін струмів і напруги тягових двигунів, які використовуються як сигнали для визначення початку буксування та засоби впливу на процес його розвитку.

Чутливість системи протибуксовочного захисту є важливим параметром, що визначає своєчасне виявлення буксування колісних пар тепловозу. У результаті проведених досліджень встановлено, що необхідно здійснювати автоматичне регулювання чутливості введенням коригувального сигналу, пропорційного швидкості руху тепловоза та інтенсивності буксування, за рахунок створення затриманого негативного зворотного зв'язку по максимальному струму одного з ТЕД при всіх режимах його роботи.

Протибуксовочний вплив визначається як величиною зниження тягової потужності, так і тривалістю включеного стану реле буксування, що, у свою чергу, залежить від вибору місця прикладання протибуксовочного впливу і величини коефіцієнта повернення реле буксування. У зв'язку з тим, що тепловози потужністю 2200 кВт мають схильність до одночасного буксування всіх колісних пар, доцільно протибуксовочний вплив здійснювати на систему управління тягового генератора (ТГ). Визначено, що роздільний вплив на ряд каналів селективного вузла, як це зроблено у серійній схемі, не є доцільним і запропоновано здійснювати загальний протибуксовочний вплив на блок потенціометрів уставок селективного вузла. Пропонується здійснювати регулювання величини протибуксовочного впливу в залежності від швидкості руху тепловоза з урахуванням швидкості надмірного ковзання колісної пари та динамічної потужності колісно-моторного блоку (КМБ).

Удосконалена система протибуксовочного захисту тепловозу, що розроблена на основі виявлених принципів, включає пристрій виявлення буксування, який має датчики (по кількості ТЕД) і блок обробки сигналів, та пристрій припинення і індикації буксування. Автоматичне підвищення чутливості здійснюється коригувальним резистором  $R_{\text{к}}$  з середнім виводом, який включено між позитивним виходом діодного мосту і загальним мінусом силового ланцюга тепловоза, причому його частина шунтирована замикаючими контактами реле управління. Реле буксування, що застосовується в системі, має низьку напругу спрацьовування (0,2 В) і коефіцієнт звороту, рівний 0,3, що забезпечує його роботу протягом всього процесу буксування. Це сприяє ефективному припиненню буксування. Регулювання енергії протибуксовочного впливу в залежності від швидкості руху тепловоза в удосконаленій системі протибуксовочного захисту здійснюється за рахунок зміни величини опору

резистора  $R_T$ , який розміщено між виходом блоку завдання збудження і входом блоку потенціометрів уставок селективного вузла системи управління тягового генератора за допомогою допоміжних контактів вимикачів шунтировки першого і другого ступенів послаблення полю ТЕД. Удосконалена система протибуксовочного захисту тепловозів має просту конструкцію та максимально використовує елементи, які використовуються на рухомому складі. Її особливістю є підвищена чутливість у порівнянні з серійною у всьому діапазоні швидкостей руху тепловозу та енергетичне збалансування її вихідних параметрів з електромеханічними показниками КМБ і параметрами електропередачі тепловозу.

У залежності від швидкості руху тепловозу й умов зчеплення перед початком буксування процес його розвитку може протікати по-різному. Тому в роботі визначені два режими буксування колісних пар тепловозу: початок і його розвиток (динамічний режим) та буксування з усталеними надмірними частотами обертання колісних пар (квазістатичний режим). У динамічному режимі буксування сигнал датчика визначається алгебраїчною сумою двох складових – падінням напруги на активних компонентах обмоток збудження і додаткових полюсів ( $E_a$ ) і реактивною електрорухомою силою (ЕРС) ( $E_p$ ), обумовленою індуктивністю цих обмоток і швидкістю зміни в часі струму, що протікає по обмотках. У квазістатичному режимі буксування сигнал датчика визначається тільки першою складовою. Так як обидва режими рівно можливі, чутливість системи розглядається роздільно для квазістатичного і динамічного режимів.

Розроблена математична модель визначення чутливості в квазістатичному та динамічному режимі буксування. Для цього стосовно розробленої системи електрична схема її пристрою виявлення буксування представлена у виді еквівалентної і виведені математичні співвідношення електричних параметрів. Отримана залежність для визначення потенціалу на виході датчика ТЕД, сполученого з колісною парою, що буксує:

$$E_{\sigma} = \frac{E_H R_1 - I_3 [(R_{D1} + R_2)R_1 + (R_{PB} + R_{D2})(R_K + R_{D1})]}{R_K - R_{D1}}, \quad (2)$$

де  $E_H$  – потенціал на виході датчика напруги ТЕД, сполученого з колісною парою, що не буксує;  $R_K$  – опір коригувального резистору зворотного зв'язку, а  $R_1, R_2$  – опір його частин.

У діапазоні швидкостей руху тепловоза від 0 до 28 м/с по відомих потенціалах датчиків знаходять струми якірних електричних кіл ТЕД, сполучених з колісними парами, що буксує і не буксує. По залежності частоти обертання ТЕД від його струму визначають частоти обертання. Використовуючи відомий вираз:

$$U_{нд} = \Delta \omega \frac{D}{2i}, \quad (3)$$

де  $D$  – діаметр колеса тепловозу по крузі катання;  $i$  – передатне відношення тягового редуктора;  $\Delta\omega$  – різниця частот обертання валу ТЕД, сполучених з колісними парами, що буксує і не буксує, визначають швидкості надмірного ковзання  $U_{нд}$  та отримують залежності чутливості від швидкостей руху тепловоза.

Результати досліджень показують, що чутливість системи протибуксовочного захисту стосовно тепловозу потужністю 2200 кВт, в порівнянні із серійною, у квазістатичному режимі буксування вище майже в 2 рази на повному полі й у 2-6 разів – при послабленні поля першого і другого ступенів ТЕД.

У динамічному режимі буксування визначення чутливості проводиться з урахуванням реактивної ЕРС, яка утворюється в датчику. На величину реактивної ЕРС у процесі розвитку буксування суттєвий вплив має зміна динамічного моменту, описувана рівнянням:

$$I_{пр} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = M_d - M_c, \quad (4)$$

де  $J_{пр}$  – момент інерції КМБ, приведений до валу ТЕД;  $\Delta t$  – елементарний проміжок часу;  $M_d$  – обертаючий момент ТЕД;  $M_c$  – момент зчеплення колеса з рейкою, який приведений до валу ТЕД.

Обертаючий момент ТЕД для ряду фіксованих швидкостей руху тепловозу визначається по механічній характеристиці. Для величин прирощування кутової частоти обертання по залежності частоти обертання якоря ТЕД від його струму, знаходяться струми, а потім і їхня різниця.

Індуктивність обмотки збудження для різних режимів роботи ТЕД визначається по наступній залежності:

$$L_B = \frac{4 \pi \alpha w_B^2}{N} \left[ \frac{d\left(\frac{E}{\omega}\right)}{dF} + \frac{\left(\frac{E}{\omega}\right)_{ном} (\delta_{ном} - 1)}{F_{ном}} \right], \quad (5)$$

де  $\delta_{ном}$  – коефіцієнт розсіяння головного полюса при номінальному магнітному потоці;  $w_B$  – число витків обмотки збудження.

Диференціювання відношення  $\frac{d\left(\frac{E}{\omega}\right)}{dF}$  виконувалося по кривій намагнічування графічним методом. Індуктивність обмотки додаткових полюсів ТЕД з урахуванням ненасиченості додаткового полюса розраховується по наступній залежності:

$$L_{дн} = \frac{2\rho\delta_d \Phi_k w_d}{I_d}, \quad (6)$$

де  $\Phi_k$  – корисний потік;  $\delta_d$  – коефіцієнт розсіяння та  $W_d$  – число витків обмотки додаткового полюса.

Відношення зміни магнітного потоку додаткового полюса до зміни струму, що протікає по обмотках, незначне, тому відношення  $\frac{\Phi_k}{I_d}$  можна прийняти незмінним і визначати індуктивність на номінальному режимі роботи ТЕД.

Значення реактивної ЕРС визначають з виразу:

$$E_p = (L_{jB} + L_{jдп}) \frac{\Delta I_j}{\Delta t_j} . \quad (7)$$

Отримання залежності швидкості надмірного ковзання колісної пари від швидкості руху тепловоза в динамічному режимі ведеться графо-аналітичним методом при розв'язанні рівняння:

$$U_{cp} = E_n - (E_a - E_p) , \quad (8)$$

де  $U_{cp}$  – напруга спрацьовування пристрою виявлення буксування;  $E_n$  – потенціал датчика КМБ, що зберіг зчеплення.

Результати зіставлення отриманих характеристик в квазістатичному і динамічному режимах показують, що реактивна ЕРС сприяє підвищенню чутливості в динамічному режимі в порівнянні з квазістатичним у середньому в 2 рази на повному полі, у 2,5 рази на послабленому полі першого ступеня й у 3,1 рази на послабленому полі другого ступеня ТЕД.

У роботі досліджено вплив гіперболічних і динамічних жорстких зовнішніх (ДЖХ) характеристик ТГ на чутливість системи протибуксовочного захисту тепловозу. Результати досліджень показують, що робота ТГ по ДЖХ підвищує чутливість у квазістатичному режимі майже в 3 рази, а в динамічному – у середньому в 2 рази в порівнянні з його роботою по гіперболічних характеристиках. Чутливість в динамічному режимі мало відрізняється (до 10%) від її величини в квазістатичному. Одержані дані покладено в основу комплексної оцінки параметрів системи протибуксовочного захисту.

**У третьому розділі** викладені теоретичні дослідження параметрів припинення буксування системи протибуксовочного захисту тепловозів та встановлені закономірності їх зміни з урахуванням різних факторів. Розроблена методика визначення коефіцієнта звороту реле буксування з урахуванням заданої чутливості системи та обґрунтовано його величину. Проведені дослідження параметрів пристрою припинення буксування.

У серійних системах протибуксовочного захисту тепловозів використовується реле буксування з коефіцієнтом звороту, величина якого наближається до одиниці. Однак дані по теоретичному обґрунтуванню його величини для тепловозів у літературних джерелах відсутні. Проведені на тепловозах 2ТЕ116 експериментальні дослідження показали, що серійна

система протибуксовочного захисту, навіть виявивши буксування, не в змозі ефективно його припинити у зв'язку з недостатнім протибуксовочним впливом, чому, як виявилось, перешкоджає висока величина коефіцієнта звороту серійного реле. Запропонована методика оцінки і приведені результати досліджень коефіцієнта звороту (з урахуванням заданої чутливості) від швидкості руху тепловоза при роботі тягового генератора по гіперболічних характеристиках і ДЖХ, а також з урахуванням динамічної потужності колісно-моторних блоків, так і без її, при різних режимах буксування. По залежності швидкостей руху тепловоза від струмів, отриманих на основі виразу:

$$V = \frac{D(U_{\Gamma} - I_{\text{д}} R_{\text{д}})}{2i c_{\text{Е}} I_{\text{д}} k_{\text{кн}} (w_{\text{В}} \alpha - k_{\text{рЯ}})} , \quad (9)$$

де  $U_{\Gamma}$  – напруга ТГ;  $I_{\text{д}}$  – струм ТГ;  $R_{\text{д}}$  – повний опір ТЕД;  $c_{\text{Е}}$  – конструктивний коефіцієнт ЕРС;  $k_{\text{кн}}$  – коефіцієнт кривої намагнічування;  $w_{\text{В}}$  – число витків обмотки збудження;  $\alpha$  – коефіцієнт послаблення магнітного потоку ТЕД;  $k_{\text{рЯ}}$  – коефіцієнт реакції якоря для кожної фіксованої швидкості руху тепловоза на заданих позиціях поїзного контролеру визначається потужність ТГ.

Розраховується необхідна для припинення буксування потужність ТГ, яка рівна потужності зчеплення коліс з рейками для кожної фіксованої швидкості руху тепловоза з урахуванням відповідних швидкостей надмірних ковзань колісних пар згідно з виразом:

$$P = \mu P_{15} , \quad (10)$$

де  $\mu$  – відносний коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою;  $P_{15}$  – потужність ТГ на 15-й позиції поїзного контролеру, що передує буксуванню.

З використанням залежностей різниці потенціалів датчиків буксування від потужності ТГ за величиною потужності, необхідної для припинення буксування, визначається коефіцієнт повернення для кожної фіксованої швидкості руху тепловоза, у результаті чого отримують залежності.

У роботі показаний також вплив динамічної потужності колісно-моторних блоків на процес припинення буксування, що описується виразом:

$$P_{\text{дин}} = \frac{\Delta W_{\text{к}}}{\Delta t} , \quad (11)$$

де  $\Delta W_{\text{к}}$  – збільшення кінетичної енергії, накопиченої колісно-моторними блоками у процесі розвитку буксування;  $\Delta t$  – часовий інтервал від моменту виявлення буксування до його припинення.

Інтенсивність припинення буксування доцільно обрати рівної триразовій зміні частоти обертання ТЕД у процесі розгону тепловоза з поїздом. У цьому випадку потужність, необхідна для припинення буксування, визначається по виразу:

$$P_{дн} = \frac{7P'_д \mu - P_д}{6}, \quad (12)$$

де  $P'_д$  – потужність ТЕД у момент початку буксування;  $P_д$  – потужність ТЕД при частоті обертання, що відповідає заданій швидкості надмірного ковзання колісної пари.

На підставі аналізу характеру залежностей коефіцієнта звороту від швидкості руху тепловоза для гарантованого припинення буксування колісних пар у всіх режимах встановлено величину коефіцієнта звороту, яка дорівнює 0,20, а для тепловозів, обладнаних системою формування ДЖХ, – 0,3. Результати теоретичних досліджень підтверджені експериментами.

Розроблена та здійснена оцінка параметрів пристрою припинення буксування розробленої системи на базі результатів виконаних досліджень чутливості і коефіцієнта повернення з урахуванням усередненої величини сили зчеплення колеса з рейкою в процесі буксування, яка містить взаємозв'язок потужності тепловозу по зчепленню з електричними параметрами пристрою припинення буксування системи. Встановлено, що визначення протибуксовочного впливу необхідно здійснювати з урахуванням як швидкості руху тепловозу, швидкості надмірного ковзання колісної пари так і динамічної потужності КМБ. Встановлено і вивчено закономірності зміни параметру елемента пристрою припинення буксування системи, а саме, опору резистора  $R_\Gamma$ , при різних умовах зчеплення колеса з рейкою та режимах роботи тепловозу. Отримано наступний аналітичний вираз для визначення характеру зміни опору резистора припинення буксування у функції швидкості руху тепловоза:

$$R_\Gamma = \frac{U_{БЗВ_3} - U'_{БЗВ}}{I'_{ССУ-2}}, \quad (13)$$

де  $U_{БЗВ_3}$  – напруга блоку збудження на 15-й позиції поїзного контролеру;  $U'_{БЗВ}$  – напруга блоку завдання збудження, що відповідають потужності, необхідної для відновлення зчеплення при буксуванні колісної пари;  $I'_{ССУ-2}$  – струм блоку потенціометрів уставок селективного вузла, що відповідає тієї ж потужності.

На підставі отриманих залежностей за результатами аналізу визначені раціональні величини опору резистора припинення буксування для різних характеристик ТГ, а також для квазістатичного і динамічного режимів буксування.

Встановлено, що для тепловозів, обладнаних системою формування ДЖХ ТГ, величина опору резистора припинення буксування дорівнює 10 Ом на повному полі, 25 Ом – у режимі послаблення поля першого ступеня і 35 Ом – у режимі послаблення поля другого ступеня. Отримані розрахункові дані підтверджені результатами експерименту.

У четвертому розділі приведені дані експериментальних досліджень удосконаленої системи протибуксовочного захисту, результати поїзних досліджень на тепловозах 2ТЕ116, дана оцінка її техніко-економічної ефективності.

Експериментальні дослідження удосконаленої системи протибуксовочного захисту за допрацьованою методикою здійснювалися в умовах полігона і рядової експлуатації на тепловозах 2ТЕ116. Результати експериментальних досліджень цілком підтвердили основні теоретичні положення, викладені у розділах 2 і 3, правильність розробленої комплексної оцінки параметрів системи протибуксовочного захисту, на підставі якої були розраховані їх раціональні значення, а також стабільну працездатність системи. Обробка осцилограм, записаних під час буксування при різних швидкостях руху тепловоза, показала, що розроблена система протибуксовочного захисту вчасно виявляє й ефективно припиняє буксування колісних пар у всьому діапазоні швидкостей руху тепловоза з мінімальними втратами сили тяги.

Приведені також результати експлуатаційних досліджень розробленої системи протибуксовочного захисту, що проводилися на дослідній партії тепловозів 2ТЕ116 з метою визначення техніко-економічної ефективності запропонованої системи в порівнянні із серійною. Встановлено вплив величин параметрів системи протибуксовочного захисту на техніко-економічні показники тепловозу. Обробка статистичного матеріалу дворічної експлуатації дослідної партії тепловозів 2ТЕ116 з розробленою системою протибуксовочного захисту підтвердила технічні переваги й ефективність у порівнянні із серійною, що виражається у поліпшенні їх тягово-зчіпних властивостей і зниження експлуатаційних витрат, у тому числі паливно-енергетичних. Це виявляється у зменшенні на 15-20% середнього прокату бандажів колісних пар, зменшенні на 1,2-1,6% питомої витрати умовного палива, підвищенні на 25-30% обсягу перевізної роботи. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження удосконаленої системи протибуксовочного захисту на магістральних тепловозах потужністю 2200 кВт, розрахований за запропонованою методикою, складає близько 1500 гривень на один мільйон кілометрів пробігу тепловоза. Впровадження удосконаленої системи протибуксовочного захисту виконано на тепловозах 2ТЕ116 Південної залізниці, а результати роботи використані в навчальному процесі у Харківській державній академії міського господарства.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі виконані дослідження, які присвячені вирішенню актуальної наукової задачі – удосконаленню системи протибуксовочного захисту тепловозів для поліпшення тягово-зчіпних властивостей тепловозів, які розроблені і виготовлені раніше та знаходяться в експлуатації, і зниження



експлуатаційних витрат, у тому числі паливно-енергетичних, що в цілому приводить до підвищення ефективності експлуатації магістральних тепловозів.

Результати проведених теоретичних і експериментальних досліджень, які подані в дисертаційній роботі, дозволяють зробити такі висновки.

1. Установлено, що серійна система захисту від буксування тепловозів не забезпечує в повній мірі покладених на неї функцій насамперед через низьку чутливість і недостатню міру протибуксовочного впливу. У зв'язку з цим обґрунтовано, що удосконалення протибуксовочної системи захисту тепловозів необхідно здійснювати на новому науковому підході без великих капіталовкладень.

2. Встановлено взаємозв'язок між основними параметрами системи протибуксовочного захисту: чутливість, коефіцієнт звороту і протибуксовочний вплив та виявлено вплив на їх величини показників електропередачі і колісно-моторного блоку тепловозу, що дозволяє визначити раціональні значення цих параметрів з урахуванням всіх факторів та підвищити ефективність роботи.

3. Розроблена комплексна оцінка основних параметрів системи протибуксовочного захисту та математичні моделі визначення її параметрів, встановлено закономірності їх зміни, запропоновано визначення раціональних значень з урахуванням режимів роботи тепловозу та швидкостей надмірного ковзання колісних пар. Теоретично і експериментально обґрунтована величина коефіцієнта звороту реле буксування, яка дорівнює 0,3. Отримано залежності основних параметрів системи в квазістатичному і динамічному режимах буксування, що дозволяє здійснити дослідження закономірності їх регулювання.

4. Розроблена конструкція удосконаленої системи протибуксовочного захисту для магістральних тепловозів з секційною потужністю 2200 кВт з паралельним з'єднанням двигунів, функціонування та оцінка параметрів якої заснована на новому науковому підході. Виявлено, що нова система має підвищену чутливість і поліпшені параметри протибуксовочного впливу, що дозволяє своєчасно виявляти та ефективно припиняти буксування з мінімальними втратами сили тяги без скидання позицій контролера машиніста та без подачі піску під колісні пари. Встановлено, що удосконалена система протибуксовочного захисту тепловозів забезпечує чутливість: 0,5...3 м/с на повному полі, 1,5...1,8 м/с при послабленні поля першого ступеня і 3...6 м/с при послабленні поля другого ступеня ТЕД.

5. Встановлено, що для своєчасного ефективного припинення буксування протибуксовочний вплив необхідно здійснювати одночасно на всі канали системи управління тягового генератора з урахуванням як швидкості поступального руху тепловозу, швидкості надмірного ковзання колісної пари так і динамічної потужності колісно-моторного блоку. Встановлено і досліджено закономірності зміни параметру елемента пристрою припинення буксування системи, а саме, опору резистора, при різних умовах зчеплення колеса з рейкою та режимах роботи тепловозу, величина якого при повному полі ТЕД повинна бути в діапазоні 8...10 Ом, а при послабленні поля першого і

другого ступенів ТЕД – 30 Ом., що дозволяє при здійсненні протибуксовочного впливу враховувати всі фактори.

6. Показано, що нова система протибуксовочного захисту тепловозу при її спільній роботі з системою формування динамічних жорстких характеристик тягового генератора підвищує ефективність протибуксовочної дії в середньому в 2 рази.

7. Підтверджено експериментальними дослідженнями на тепловозі 2ТЕ116 працездатність розробленої системи протибуксовочного захисту і достовірність одержаних результатів теоретичних досліджень, що виражається в їх задовільному збігу (7%). Встановлено, що розроблена система протибуксовочного захисту тепловозу, яка має просту конструкцію, в порівнянні з серійною ефективно зменшує швидкості надмірного ковзання колісних пар в середньому в 2,5 рази при повному полі та до 6 разів при послабленні поля ТЕД, що знижує динамічні високі навантаження у тягових двигунах при буксуванні.

8. Встановлена ефективність результатів роботи, що виявляється у зменшенні на 15-20% середнього прокату бандажів колісних пар, зменшенні на 1,2-1,6% питомої витрати умовного палива, підвищенні на 25-30% обсягу перевізної роботи. Очікуваний економічний ефект від впровадження удосконаленої системи протибуксовочного захисту досягає 1500 гривень на 1 млн. км пробігу тепловоза за рахунок зниження експлуатаційних та паливно-енергетичних витрат, що підтверджує доцільність її використання.

9. Рекомендовано використовувати отримані результати при створенні та модернізації систем протибуксовочного захисту не тільки тепловозів, але і інших видів рухомого складу з паралельним з'єднанням двигунів (тягових одиниць промислового та міського транспорту).

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Далека В.Ф., Кулагина Л.И. Противобоксовочная защита для тягового привода с параллельным соединением электродвигателей // Коммунальное хозяйство городов. - Вып.16. – К: Техніка. - 1998.- С. 99-101.
2. Кулагина Л.И. Влияние неравномерности токораспределения на КПД тягового электродвигателя // Коммунальное хозяйство городов. - Вып.13. – К: Техніка. - 1998. – С. 116-119.
3. Далека В.Ф., Кулагина Л.И. Исследование эффективности системы противобоксовочной защиты для тягового привода с параллельно соединенными электродвигателями // Новые решения в современных технологиях. - Вып.82 - Харьков: ХГПУ. - 2000. – С. 78-80.
4. Кулагина Л.И. Исследование коэффициента возврата реле боксования системы противобоксовочной защиты тепловоза // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2001. - №3. - С. 54-56.

5. Устройство обнаружения боксования колесных пар локомотива: А.с. 1084156 СССР, МКИ В60 L 3/10 / В.Е. Гайдуков, Л.И. Кулагина (СССР). - №3290920/24-11; Заявлено 26.05.81; Оpubл. 07.04.84, Бюл. №13. – 3 с.

а також додаткові:

6. Противобоксовочное устройство тепловоза: А.с. 895749 СССР, МКИ В60 L 3/10 / В.Е. Гайдуков, Л.И. Кулагина (СССР). - № 2844576/24-11; Заявлено 30.11.79; Оpubл. 07.01.82, Бюл. №1. – 3 с.

7. Пат. 38310А Україна, МКИ В 60 L 11/04. Протибуксовочний пристрій / В.Ф. Далека, В.Є. Гайдуков, Ю.В. Мінеєва, Л.І. Кулагіна (Україна) - №2000063602; Заявл. 21.06.2000; Оpubл. 15.05.2001, Бюл. №4. – 3 с. іл.

8. Далека В.Ф., Кулагина Л.И. Максимальное использование сил сцепления в процессе боксования // Тез. докл. межд. н-пр. конф. "Проблемы и перспективы ресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве". - Харьков. – 1995. – С. 26.

9. Кулагина Л.И. Устройство для защиты от боксования троллейбуса // Тез. докл. ХХХ науч.-техн. конф. "Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов." ч.2. – Харьков, ХГАГХ. - 2000.- С. 7-8.

## АНОТАЦІЯ

Кулагіна Л.І. Удосконалення системи протибуксовочного захисту тепловозів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів. - Харківська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2001.

Дисертацію присвячено питанням удосконалення системи протибуксовочного захисту що дозволяє підвищити ефективність експлуатації тепловозів. В дисертації розроблено і реалізовано науковий підхід до принципу побудови протибуксовочної системи і комплексної оцінки її параметрів: чутливості, коефіцієнта звороту і протибуксовочного впливу. На основі виявлених закономірностей створена конструкція системи протибуксовочного захисту тепловозів, експериментальні дослідження якої на тепловозах 2ТЕ116 в умовах експлуатації підтвердили її високу ефективність у порівнянні з серійною. Доведено економічну доцільність впровадження нової системи протибуксовочного захисту тепловозів, яка дозволяє своєчасно виявити буксування і ефективно його припинити з мінімальними втратами сили тяги, що знижує експлуатаційні витрати

Ключові слова: тепловоз, система протибуксовочного захисту, зниження експлуатаційних витрат.

## THE SUMMARY

Kulagina L.I. Improvement of antifrictional sliding protection system diesel-locomotives. - Manuscript.

Thesis on competition for a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.07 - Railways rolling stock and traction of trains. - Kharkiv State Academy of a Railway Transport. Kharkiv, 2001.

Thesis is dedicated to problems of improvement antifrictional sliding protection system for heightening of operation efficiency diesel-locomotives. In the thesis a development and implementation of scientific approach to concept design of antifrictional sliding protection system and complex evaluative assessment of such parameters as responsivity, relay recovery coefficient and antifrictional sliding effect. Resultant from regularities investigated, the construction of antifrictional sliding protection system for diesel-locomotives is created, whose outstanding efficiency has been experimentally proven under operational conditions with diesel-locomotives 2TE116, as compared to serial. Economic expediency of innovative antifrictional sliding protection system introduction to practical usage has been proven; whereas said system is able to timely detect a frictional sliding and to effectively respond hereto by blocking the slide, with minimum losses of traction force, that eventually contributes to operational expenditure - savings.

Key words: diesel-locomotive, antifrictional sliding protection system, operational expenditure - savings.

## АННОТАЦИЯ

Кулагина Л.И. Усовершенствование системы противобоксовочной защиты тепловозов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов. - Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2001.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования системы противобоксовочной защиты тепловозов, которые разработаны и изготовлены ранее, что позволяет улучшить их тягово-цепные свойства, снизить эксплуатационные затраты, в том числе топливно-энергетические, что в целом повысит эффективность эксплуатации тепловозов морально устаревшего парка, находящихся в эксплуатации. В работе проведен анализ существующих систем защиты от боксования локомотивов и их функциональных узлов. Доказано, что серийная система защиты от боксования магистральных тепловозов мощностью 2200 кВт с передачей переменного тока, в

частности тепловоза 2ТЭ116, не в полной мере обеспечивает своевременное выявление и эффективное прекращение боксования через ее низкую чувствительность и недостаточное противобоксовочное воздействие. Это обусловлено недостатками построения системы противобоксовочной защиты и недостаточной оценкой ее основных параметров. В работе обоснован и реализован новый подход к построению системы противобоксовочной защиты и оценке ее параметров. В работе рассмотрены функциональные узлы системы противобоксовочной защиты, установлена связь между ними, разработана обобщенная функциональная схема и сформулированы требования к этим системам. В диссертации разработан и реализован научный подход к комплексной оценке и выбору ее параметров, которая учитывает особенности взаимосвязи основных параметров системы между собой и с параметрами электропередачи тепловоза, его скорости, интенсивности боксования. Выявлена взаимосвязь между основными параметрами системы противобоксовочной защиты: чувствительностью, коэффициентом возврата и противобоксовочным воздействием, а также влияние на их значение параметров электропередачи. Исследован коэффициент возврата в квазистатическом и динамическом режимах боксования и оптимизирована его величина. Проведены исследования и выбор параметров воздействия на процесс прекращения боксования. Проведены расчеты, на основе которых определены их рациональные значения. На основе выявленных закономерностей разработана усовершенствованная система противобоксовочной защиты тепловоза, которая позволяет своевременно обнаружить боксование колесных пар и эффективно прекратить его с минимальными потерями тяги. Предложено осуществлять автоматическое регулирование чувствительности усовершенствованной системы противобоксовочной защиты за счет создания задержанной отрицательной обратной связи по максимальному току одного из ТЭД при всех режимах их работы. Установлено, что разработанная система противобоксовочной защиты тепловоза в сравнении с серийной эффективно снижает скорости избыточного скольжения колесных пар в среднем в 2,5 раза на полном поле и до 6 раз на ослабленном поле ТЭД. Новая схема обеспечивает расчетную повышенную чувствительность 0,5...3 м/с на полном поле, 1,5...1,8 м/с на ослабленном поле первой ступени и 3...6 м/с при ослаблении поля второй ступени ТЭД. Установлено, что для своевременного эффективного прекращения боксования противобоксовочное воздействие необходимо осуществлять одновременно на все каналы системы управления ТГ. При этом воздействие осуществляется с учетом как скорости движения тепловоза, скорости избыточного скольжения колесной пары, так и динамической мощности колесно-моторного блока. Показано, что новая система противобоксовочной защиты тепловоза при ее совместной работе с системой формирования динамических жестких характеристик тягового генератора повышает эффективность противобоксовочного воздействия в среднем в 2 раза. Приведена экспериментальная оценка качества работы усовершенствованной системы противобоксовочной защиты в условиях эксплуатации на тепловозах 2ТЭ116,

результаты которой подтвердили работоспособность усовершенствованной системы противобоксовочной защиты и достоверность результатов теоретических и экспериментальных исследований, что выражается в их удовлетворительном совпадении (7%). Установлена взаимосвязь эксплуатационных затрат, в том числе топливно-энергетических, на тягу поездов с выбранными значениями параметров усовершенствованной системы противобоксовочной защиты тепловоза. Доказана экономическая целесообразность внедрения усовершенствованной системы противобоксовочной защиты, которая предусматривает снижение эксплуатационных затрат, что проявляется в уменьшении на 15-20% среднего проката бандажей колесных пар, снижении на 1,2-1,6% расхода условного топлива, увеличении на 25-30% объема перевозочной работы. Полученные результаты рекомендовано использовать при модернизации не только тепловозов, но и других видов подвижного состава с параллельным соединением двигателей (тяговых подвижных единиц промышленного и городского транспорта).

Ключевые слова: тепловоз, боксование колесных пар, система противобоксовочной защиты, снижение эксплуатационных затрат.

Кулагіна Людмила Іванівна

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОТИБУКСОВОЧНОГО  
ЗАХИСТУ ТЕПЛОВОЗІВ**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

---

Підписано до друку 20.12.2001. Формат 60x84 1/16. Папір офісн.  
Друк на різнографі. Умовн.-друк. арк. 1,0. Обл.-вид. арк. 1,25. Тираж 100 прим.  
Замовлення № \_\_\_\_\_

---

Харківська державна академія міського господарства  
Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХДАМГ  
Україна, 61002, м.Харків, вул.Революції, 12.