

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Прилипко Андрій Андрійович

УДК 656.259.1

**Підвищення ефективності експлуатації точкового колійного датчика за рахунок
структурного синтезу**

05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі “Електротехніка та електричні машини” в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв’язку України.

Науковий керівник

Доктор технічних наук, професор
Соболев Юрій Володимирович,
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра
“Автоматика та комп’ютерне телекерування рухом поїздів”, професор

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Гаврилюк Володимир Ілліч,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені В. Лазарна, кафедра "Автоматика, телемеханіка та зв'язок",
завідувач кафедри

кандидат технічних наук, професор
Поддубняк Володимир Йосифович,
Донецький інститут залізничного транспорту, ректор

Провідна установа

Київського університету економіки і технологій транспорту, кафедра
“Телекомунікаційні технології та автоматика”, Міністерство транспорту
та зв’язку України, м. Київ

Захист відбудеться “ 29 ” вересня 2005р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “27” серпня 2005р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Фалендиш А.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. В даний час залізничний транспорт зміцнює свої позиції в конкурентній боротьбі з іншими засобами перевезення пасажирів та вантажів. Так наприклад з розширенням границь міст їхні центри стають перевантаженими для пропуску транспортних засобів. Легкий рейковий транспорт на естакадах чи під землею стає головним претендентом для вирішення цієї проблеми. Підтримуючи високий рівень конкурентноздатності, залізничні компанії зобов'язані постійно підвищувати ступінь надійності автоматичних систем керування залізничним транспортом. Будь-яке грубе відмовлення цих систем призводить до втрати безлічі клієнтів. У зв'язку з цим необхідно підвищувати надійність автоматичного керування рухом потягів на найбільш напружених ділянках залізниць, що у свою чергу вимагає достовірної і різноманітної інформації від первинних датчиків. Сучасні системи, з використанням ідентифікації рухомого складу, побудовані на основі точкових колійних датчиків (ТКД), які в розвинених країнах багато в чому визначають загальну ефективність автоматичних систем керування рухом поїздів. Тому питання їхнього удосконалення є дуже актуальним для залізничного транспорту.

Актуальність теми. В Україні, а також у деяких інших країнах СНД намітилася тенденція переустаткування верхньої будови колії з використанням металевих шпал, що приводить до заміни колійних кіл на пристрої з застосуванням ТКД. Щоб підвищити ступінь надійності пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки необхідно дублювати одні датчики інформації про стан колійних ділянок іншими. У зв'язку з цим, для контролю колійних ділянок, виходячи з досвіду таких країн, як Німеччина, Польща, Швейцарія необхідно застосовувати прилади рахування осей. Актуальність нових розробок і широкого впровадження сучасних точкових колійних датчиків у країнах СНД у даний час також викликано створенням міжнародних транспортних коридорів, у яких застосовуються системи ідентифікації рухомого складу. Такі найбільш відомі датчики виявлення транспортних засобів, як рейкові кола, фотоелектричні пристрої, шлейфи не вирішують задачі високої точності позиціонування осі колісної пари, надійного рахунку осей, що необхідно для сучасних систем керування рухом поїздів. Найбільша актуальність у розробці нових первинних перетворювачів ТКД і обробці вимірюваної ними інформації зв'язана з проектуванням сучасних складних автоматичних систем залізничної автоматики і телемеханіки. Таким чином, розвиток теоретичних основ ефективного функціонування ТКД є актуальною науковою задачею, а також має велике значення для залізничного транспорту України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі “Електротехніка та електричні машини” Української державної академії залізничного транспорту в період з 1986 по 2005 рр., відповідно до Постанови КМУ від 22 квітня 1997 р. за № 367 “Про Програму підвищення безпеки руху на залізницях у 1997 – 2001 роках” та реалізації планів науково-дослідних робіт УкрДАЗТу (ХПТу, ХарДАЗТу), що проводилися згідно з галузевими програмами Міністерства шляхів сполучення колишнього СРСР, Міністерства транспорту України і Укрзалізниці та висвітлені у звітах: “Автоматизована система зчитування інвентарних номерів рухомого складу з використанням феромагнітних властивостей бандажів колісних пар”, № ДР 0188U0008653, Інв. № 02.89.0U036715, “Розробка і дослідження апаратури запису і зчитування номерів вагонів” № ДР 0186U0026072 Інв. № 0288.U043720, “Розробка пристроїв ідентифікації рухомого складу метрополітену” № ДР 01900040275 Інв. № 02.9.16U010676, “Проведення натурних (польових) випробувань, дослідних зразків вітчизняної системи ідентифікації рухомого складу та

великовантажних контейнерів” SAIPC – „Телекарт – Прибор” № ДР 0103U002530 архів № 03004U001666.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є вирішення науково - прикладної задачі підвищення ефективності експлуатації ТКД за рахунок структурного синтезу та поліпшення параметрів його елементів з урахуванням можливості їх діагностування, для забезпечення необхідної пропускнуєї спроможності та безпеки руху залізничного транспорту. Зазначена мета досягається шляхом використання системного підходу для створення сучасного ТКД на основі математичного моделювання фізичних та аналізу інформаційних процесів, що відбуваються в первинному перетворювачі ТКД і сполучених з ним пристроях.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати аналіз умов експлуатації існуючих ТКД із погляду ефективних принципів побудови, вірогідності рахунку осей і можливості діагностування при різному рівні існуючих перешкод;
- розробити моделі функціонування ТКД у сучасних системах з урахуванням процесів формування, обробки і передачі первинної інформації;
- синтезувати форми вихідних сигналів первинних перетворювачів ТКД за допомогою високочастотного модулятора для підвищення швидкодії й точності визначення позиції осі колісної пари на залізничній колії та їхнього надійного діагностування;
- дослідити вплив банджажа колісної пари на індуктивність первинного перетворювача ТКД із високочастотним модулятором та розробити імітаційну модель цього процесу;
- синтезувати первинний перетворювач ТКД з нелінійним елементом для контролю форми вихідного сигналу;
- дослідити процеси впливу залишкової намагніченості рейки та електромагнітних полів зворотного тягового струму на надійність функціонування ТКД, а також визначити адаптивні й інструментальні методи захисту ТКД від зовнішніх перешкод.

Об’єкт дослідження – процес функціонування ТКД який забезпечує надійне знаходження осі колісної пари над заданою точкою колії.

Предмет дослідження – вірогідність інформації від точкових колійних перетворювачів.

Методи дослідження – обґрунтування основних принципів структурного синтезу та поліпшення параметрів його елементів базується на теорії електричних і магнітних кіл, методах оптимізації, статичної радіотехніки та методології об’єктно-орієнтованого аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів. Вирішено науково-прикладну задачу підвищення ефективності експлуатації точкових колійних датчиків нового покоління з підвищеною вірогідністю одержуваної інформації.

Уперше розроблені, створені і запропоновані:

- інформаційні моделі процесів функціонування ТКД, що враховують умови формування, обробки і передачі інформації;
- імітаційна модель процесів функціонування чутливого елемента ТКД на основі методу Монте-Карло;
- інструментальні й адаптивні методи захисту колійного перетворювача ТКД від електромагнітних полів, викликаних зворотним тяговим електричним струмом і намагніченістю рейки;

- науково обґрунтована методологія підвищення ефективності використання ТКД у системах залізничної автоматики.

Удосконалено та дістали подальший розвиток:

- методи виявлення бандажа колісної пари, що дозволяють підвищити вірогідність рахунку осей, поліпшити точність визначення позиції над заданою точкою колії і швидкодію точкових колійних датчиків;
- адаптивний метод захисту первинних перетворювачів ТКД від впливу електромагнітних полів.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені в дисертації наукові положення дозволяють створити більш ефективні системи автоматичного керування залізничним транспортом з використанням точкових методів збору інформації про місцезнаходження та параметри рухомих одиниць. Їх практичне використання дозволяє вдосконалити й здійснити автоматизацію таких систем, як автоблокування, електрична централізація, автоматична централізація для гірки, переїзна сигналізація, ідентифікація рухомого складу. Наукові положення та результати дисертаційної роботи використані при впровадженні системи ідентифікації рухомого складу та великовантажних контейнерів на ст. Тополі Південної залізниці згідно з планами науково-дослідних робіт Міністерства транспорту України “Розробка системи автоматизованої ідентифікації вагонів стосовно до вагонного господарства України” (Наказ №369 від 23.10.95.), відповідно до теми “Проведення натурних (польових) випробувань, дослідних зразків вітчизняної системи ідентифікації рухомого складу та великовантажних контейнерів” (САРС - “Телекарт - Прибор”) (№ ДР 0103U002530). Робота виконана на кафедрі “Електротехніка та електричні машини” Української державної академії залізничного транспорту. Теоретичні результати, які були отримані у ході виконання цієї роботи, також використовуються в курсі лекцій з дисципліни “Метрологія, стандартизація та сертифікація”.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, розробки і результати досліджень, що виносяться на захист, отримані особисто автором. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора такий:

у [5, 12 - 18] - методологія побудови точкових колійних датчиків, розробка структурних адаптивних схем і захист у польових умовах первинних перетворювачів ТКД від електромагнітних полів; [10] - розробка алгоритмів роботи колійних датчиків у пристроях ідентифікації рухомого складу; [2, 9, 11] - обробка інформації для діагностики первинних перетворювачів, розробка інформаційних моделей; [1, 6] - синтез структур ТКД на основі розробки математичних моделей первинних перетворювачів, [19] - модель впливу намагніченості рейки на зону розміщення первинних перетворювачів ТКД.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення:

- на всесоюзній науково-практичній конференції “Проблеми підвищення надійності и безопасности технических устройств железнодорожного транспорта” (м. Москва, 1988р.);

- на 7 - ми (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) міжнародних школах - семінарах “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті” (м. Алушта, 1995, 1999 – 2004рр);

- на 11 – ти (53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64) на науково-технічних конференціях кафедр УкрДазту (ХІІТу, ХарДАЗТу) та фахівців залізничного транспорту.

Публікації. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковані в 5 друкованих роботах. Серед них: 4 статті в виданнях, що затверджені ВАК України як фахові та 1 патент України на винахід. Додатково матеріали дисертації відображені в 1 статті, 5 тезах доповідей на міжнародних та республіканських науково-технічних конференціях семінарах та школах, 6 авторських свідоцтвах на винаходи та 1 патенті України і 1 патент Росії на винаходи. Дві статті написані самостійно.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Повний обсяг дисертації складає 144 сторінки, з них 116 сторінок основного тексту, 28 ілюстрацій, 3 таблиці, список літератури з 106 найменувань на 12 сторінках, 3 додатків на 25 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертації, показано її зв'язок з науковими програмами і планами проведення науково-дослідних робіт Української державної академії залізничного транспорту. Формулюється мета, завдання досліджень, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів. Виділяються основні наукові положення і результати досліджень, що виносяться на захист. Наводяться відомості про структуру дисертації, публікації, апробації робіт і особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві.

У першому розділі подано аналіз вітчизняних і закордонних пристроїв та структур управління залізничним транспортом, який показує, що відсутність надійних точкових колійних датчиків та пристроїв їх діагностування в нашій державі не дозволяє покращити надійність сучасних та розробити необхідні в даний час автоматизовані системи, а також містить огляд сучасних методів та засобів знаходження осі колісної пари над заданою точкою колії.

Питання безпеки руху та підвищення пропускної спроможності складних об'єктів залізничного транспорту на основі первинних колійних перетворювачів розглядалися в працях таких вчених і практиків, як Бабаєва М.М., Бойніка А.Б., Брилеєва А.М., Бухгольця В.П., Гаврилюка В.І., Загарія Г.І., Котляренка М.Ф., Кравцова Ю.А., Красовського Г.А., Лисенкова В.М., Поддубняка В.І., Соболева Ю.В., Штанке А.Е., Шелухіна В.І., Щиголева С.А., О. Поупе, К.Фішера, В. Феннера та інших.

Найбільш перспективними методами формування даних, що забезпечують високу достовірність інформації про переміщення осей транспортних засобів, є використання перетворювачів, які застосовують енергію різних полів та явищ, що зв'язують об'єкт контролю та колійний датчик.

Другий розділ присвячений поліпшенню параметрів елементів ТКД з урахуванням можливості їх діагностування. Так, при оптимізації параметрів височастотного модулятора (ВЧМ), відгук сигналу на зміну його параметрів під впливом феромагнітної колісної пари в комплексній формі записується так

$$\dot{I}_2 = \frac{jU\omega\sqrt{L_1L_2}}{(R_2 + R_H) \cdot (R_1 + R_T) + j \cdot [\omega L_1(R_2 + R_H) + \omega L_2(R_1 + R_T)]};$$

(1) де \dot{I}_2 - комплексна величина струму в навантаженні;

\dot{U} - комплексна вхідна напруга;

R_T - величина вхідного опору генератора;

R_1 - величина опору первинної обмотки;

R_2 - величина опору вторинної обмотки;

L_1, L_2 – індуктивності першої та другої обмотки.

Звідси знаходиться цільова функція для різниці фаз за критерієм магнітної проникності

$$\Delta\varphi = f(R_H, \omega) \quad (2)$$

де ω – величина кутової частоти сигналу (314 рад/с $< \dots < \dots$ рад/с);
 R_H – величина опору навантаження (10 Ом $< R_H < 100000$ Ом, - активний характер);

З огляду на конструктивні особливості ТКД, аналізується на максимум функція різниці фаз електричного струму на виході перетворювача при зміні відносної магнітної проникності в залежності від опору навантаження і частоти. При цьому цільову функцію, з умови проведення оптимізації щодо величин ω і R_H , приводимо до такої форми

$$\Delta\varphi(\omega, R_H) = \text{arctg} \frac{\omega(a_1 R_H + b_1) + c_1}{R_H d + c} - \text{arctg} \frac{\omega(a_2 R_H + b_2) + c_2}{R_H d + c} \rightarrow \max; \quad (3)$$

де

$$a_1 = \mu_2 \mu_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot w_2^2 \ln \frac{D+b}{D-b}; \quad (4)$$

$$b_1 = R_2 \mu_2 \mu_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot w_2^2 \ln \frac{D+b}{D-b}; \quad (5)$$

$$a_2 = \mu_1 \mu_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot w_1^2 \ln \frac{D+b}{D-b}; \quad (6)$$

$$b_2 = R_2 \mu_1 \mu_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot w_1^2 \ln \frac{D+b}{D-b}; \quad (7)$$

$$c_1 = (R_1 + R_r) \cdot \mu_2 \mu_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot w_2^2 a \cdot \ln \frac{D+b}{D-b}; \quad (8)$$

$$c_2 = (R_1 + R_r) \cdot \mu_1 \mu_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot w_1^2 a \cdot \ln \frac{D+b}{D-b}; \quad (9)$$

$$c = R_2 \cdot (r_1 + R_r); \quad (10)$$

$$d = (r_1 + R_r); \quad (11)$$

де a – величина максимального розміру витка;
 D – величина середнього діаметра сердечника;
 b – величина радіального розміру витка;
 μ_1 – величина магнітної проникності матеріалу осердя при відсутності колісної пари в зоні спрацювання ТКД;
 μ_2 – величина магнітної проникності матеріалу осердя при наявності колісної пари в зоні спрацювання ТКД;

ω_1 - величина числа витків першої обмотки ВЧМ;

ω_2 - величина числа витків другої обмотки ВЧМ;

Геометричні параметри осердя вибираються в залежності від габаритів наближення до колії, R_r – визначається опором стандартного генератора, який є в наявності.

При цьому, з огляду на класичний метод, першу похідну щодо змінної R_H прирівнюємо до 0

$$\frac{\frac{a_1}{R_H d + c} - \frac{(a_1 R_H + b_1) + c_1}{(R_H d + c)^2} \cdot d}{1 + \frac{[\omega(a_1 R_H + b_1) + c_1]^2}{(R_H d + c)^2}} - \frac{\frac{a_2}{R_H d + c} - \frac{(a_2 R_H + b_2) + c_2}{(R_H d + c)^2} \cdot d}{1 + \frac{[\omega(a_1 R_H + b_2) + c_2]^2}{(R_H d + c)^2}} = 0; \quad (12)$$

потім другу похідну щодо змінної ω також прирівнюємо до 0:

$$\frac{a_1 R_H + b_1}{(R_H d + c) \cdot \left[1 + \frac{[\omega(a_1 R_H + b_1) + c_1]^2}{(R_H d + c)^2} \right]} - \frac{a_2 R_H + b_2}{(R_H d + c) \cdot \left[1 + \frac{[\omega(a_2 R_H + b_2) + c_2]^2}{(R_H d + c)^2} \right]} = 0; \quad (13)$$

З цієї системи рівнянь знаходимо R_{H0} і ω_0 і після цього складаємо матрицю Гессен G й аналізуємо відносно 0. Підтвердженням знаходження максимуму цільової функції править умова $G < 0$.

З рис.1 видно, що після значень $R_H = 3$ кОм, $\omega = 5000$ рад/с різниця фаз міняється незначно.

Крім того, на графіку (рис. 1) видно, що площина функції має борозни, тому також за умови, що величини мають дуже малі значення, необхідно застосувати відповідний метод оптимізації, який би підтвердив правильність перебування максимуму цільової функції. Для цього були розроблені алгоритми як для двох змінних R_H, ω так і для трьох R_H, ω, R_r - за методом Монте-Карло. При числі ітерацій 1000 за цим алгоритмом розбіжність з класичним методом складала 0,1%.

Рис. 1. Залежність зміни фази на виході первинного перетворювача точкового колійного датчика від параметрів електричного кола

Так як для трьох змінних класичним методом знайти максимум цільової функції дуже важко з умови малих значень других похідних відносно трьох змінних, то число ітерацій було збільшено до 10000 і порівняно з одержаними значеннями R_n , ω , R_r при 1000 ітерацій. У результаті цього розбіжність склала 0,01%. Таким чином, підтвердилась ефективність розробленого алгоритму та вибраного методу оптимізації.

У заключній частині розділу наводиться синтез нелінійного елемента з огляду на діагностику первинного перетворювача за формою сигналу. Синтезована котушка індуктивності яка має феромагнітне осердя та реальну функцію потокозчеплення

$$\psi(t) = 0.384 \cdot \sin(\omega \cdot t - 20,21^\circ) + 0,013 \cdot \sin(3 \cdot \omega \cdot t - 88,2^\circ) + 0,006 \cdot (\sin(5 \cdot \omega \cdot t - 234,9^\circ) + 0,002 \cdot \sin(7 \cdot \omega \cdot t - 38,3^\circ))$$

(14)

при цьому підібрані такі лінійні елементи: $R=25,4$ Ом, $R_1=80,6$ Ом, $L=18,2$ мГн, $C=62,6$ мкФ. Достовірність одержаних результатів підтверджено експериментальними дослідженнями, що виражається у їх задовільному збігу (5%).

Третій розділ містить дослідження факторів, що впливають на ефективність процесу формування даних про проходження колісних пар, забезпечення надійної роботи та забезпечення необхідною інформацією з високою швидкістю складних систем. Для цього застосовується методологія об'єктно-орієнтованого проектування складних систем, яка також використовує елементи теорії скінчених автоматів та графи станів об'єкта.

Залежно від конструкції ТКД, від фізичних явищ, що зв'язують колесо та чутливий елемент датчика, зона спрацьовування датчика має різну величину. Однак у реальних умовах, крім корисного впливу колеса на чутливі елементи, існує вплив перешкоди. Для найбільш перспективних датчиків, що використовують електромагнітне поле у вигляді енергії сполучення, перешкодою є магнітне поле землі й інших різноманітних джерел. Виходячи з перерахованих вище міркувань, складається модель станів для ТПД (рис.2.)

Відповідно до цієї діаграми ТКД щодо колісної пари перебуває в таких ситуаціях:

- балансування первинних перетворювачів,
- режим чекання 1,
- режим чекання 2,
- реєстрація проходу колісної пари.

При цьому між станами об'єкта „колісна пара” можливі такі події:

- O1: зміна магнітного поля над двома первинними перетворювачами одночасно;
- O2: зміна магнітного поля над одним первинним перетворювачем;
- O3: повернення у початковий стан;
- O4: відновлення магнітного поля над першим первинним перетворювачем;
- O5: зміна магнітного поля над другим первинним перетворювачем;
- O6: відновлення магнітного поля над другим первинним перетворювачем.

Виходячи з перерахованого вище аналізу, головним завданням підсистеми є відстеження процесу спрацьовування точкових колійних датчиків. Основними задачами такої підсистеми є:

- реєстрація спрацьовування датчиків у реальному масштабі часу, діагностика датчиків з використанням інформації від інших підсистем,
- виділення вагонів,
- виділення фізичних потягів,



Рис.2. Діаграма станів ТКД

- фіксація зайнятості колій,
- передача даних в інші підсистеми при певних відхиленнях параметрів ТКД від нормальних.

У четвертому розділі на основі розроблених моделей застосований структурний синтез ТКД, розроблені алгоритми роботи і захист первинного перетворювача від зовнішніх перешкод. Для діагностики первинного перетворювача розроблена діаграма взаємодії об'єктів апаратно-програмної підсистеми з ТКД, що показана на рис. 3.

Відповідно до цієї моделі термінатор "феромагнітна колісна пара" породжує дві події: КП1: вісь знаходиться в зоні спрацьовування ТПД, КП2: вісь віддаляється від зони спрацьовування ТКД; термінатор "перешкода": ВП1: перешкода з'являється, ВП2: перешкода зникає.

Рис. 3. Діаграма взаємодії об'єктів апаратно-програмної системи з використанням діагностики ТКД

Первинні перетворювачі викликають дві події: ПП1: подається сигнал від ПП1, ПП2: подається сигнал від ПП2. Реєстратор - перетворювач є джерелом таких подій: РП1: балансувати ПП, РП2: очікувати змін в іншому перетворювачі, РП3: повідомлення про проходження осі, РП4: повідомлення про напрямок проходження осі, РП5: повідомлення про номер ТКД.

Перші дві події спрямовані до первинного перетворювача, а інші до підпрограм підсистеми ТКД. Події, викликані підпрограмою ТКД, спрямовані до оператора, до підпрограми виділення фізичного вагона, до підпрограми розрахунку пробігу вагона. Термінатор "оператор" через дисплей одержує інформацію від підпрограми ТКД підсистеми ППП1: неполадки в датчику Nx, а також ППП2: датчики працюють нормально і має можливість у разі потреби подати команду О1: команда про обнуління рахунку осей.

У заключній частині розділу теоретично обґрунтовуються адаптивні та інструментальні засоби боротьби з перешкодами, які виникають завдяки намагніченості рейок та електромагнітного поля зворотного тягового струму, а також проведено розрахунок економічної ефективності інноваційних заходів щодо впровадження методів підвищення перешкодозахищеності ТКД. Період повернення одноразових витрат - перший рік розрахункового періоду.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримане нове рішення науково-прикладної задачі створення сучасних ТКД на основі розроблених функціональних та імітаційних моделей процесів осі колісної пари, що відбуваються під час зчитування. Запропонована система моделей дозволяє:

- автоматизувати вирішення завдань аналізу й синтезу електричних схем первинних перетворювачів ТКД, а також підвищити їхню перешкодозахищеність;
- урахувати критерії формування, обробки й передачі інформації від ТКД для проведення діагностування точкових первинних перетворювачів (ТПП), визначення місця розташування ТКД у системах керування залізничним транспортом, а також установити найбільш відповідальні точки зчитування параметрів поїзних одиниць.

Основні наукові результати й висновки дисертаційної роботи полягають у такому:

1. У результаті аналізу процесів функціонування експлуатованих ТКД типів ПБМ-56, ДП 50-80, ДЕ - 96 установлені такі їхні недоліки:

- інтенсивність відмов при проходженні спарених залізничних вантажних складів у зоні установки ТПП менше $0,3 \cdot 10^{-7} 1/год$, що неприпустимо для безпечної роботи систем залізничної автоматики;
- працездатність ТКД типів ПБМ-56 і ДП 50-80 можлива за паспортними даними при швидкості руху рухомого складу відповідно в діапазонах від 1,5 до 50 км /год і від 0 до 36 км /год, що обмежує використання їх у сучасних системах;
- відсутність діагностування первинних перетворювачів ТКД у сучасних системах залізничної автоматики.
- експлуатовані ТКД типів ПБМ-56, ДП 50-80, ДЕ - 96 не визначають напрямок, швидкість рухомого складу та не точно фіксують місце позиції осі колісної через недосконалість конструкції ТПП і методів обробки інформації.

2. Розроблено інформаційні моделі передачі й перетворення сигналів від ТКД із урахуванням процесів, що відбуваються в окремих вузлах. У результаті аналізу цих моделей розроблена функціональна схема з двома чутливими елементами, що дозволяє

визначити напрямок руху рухомого складу, а також підвищити перешкодозахищеність зчитування осі колісної пари;

3. Розроблено новий метод діагностування первинного перетворювача ТКД, заснований на використанні контролю форми сигналу й застосування нелінійного елемента. Для цього використовувався один із способів синтезу нелінійних перетворювачів;

4. Розроблено математичну модель первинного перетворювача ТКД, виконаного у вигляді високочастотного магнітного модулятора. Установлено, що чутливість ТПП із таким модулятором залежить від чутливості матеріалу осердя до зміни поля підмагнічування, добутку числа витків обмоток, а також площі поперечного перерізу осердя;

5. За методом Монте–Карло розроблені алгоритми оптимізації цільової функції при моделюванні високочастотного модулятора як для двох змінних R_n , ω , так і для трьох R_n , ω , R_r . При числі ітерацій 1000 за цим алгоритмом розбіжність з класичним методом склала 0,1%. Так як для трьох змінних класичним методом знайти максимум цільової функції не має можливості з умови малих значень других похідних відносно трьох змінних, то число ітерацій було збільшено до 10000 і порівняно з одержаними значеннями R_n , ω , R_r при 1000 ітерацій. У результаті цього розбіжність склала 0,01%. Це підтвердило ефективність розробленого алгоритму оптимізації.

6. Розроблено математичну модель впливу бандажа колісної пари, як електромагнітного екрана, на зміну індуктивності первинного перетворювача, виконаного у вигляді високочастотного модулятора. При цьому проаналізована внесена власна індуктивність котушки, що виникає поруч із екраном, і розроблена функціональна схема, що реалізує дану модель для рахунку осей;

7. Виконано дослідження електромагнітного поля намагнічування й тягового струму в рейці, у результаті чого створена фізична модель пристрою захисту польових приладів. Запропоновано адаптивний спосіб захисту ТПП від електромагнітних перешкод;

8. Проведено розрахунок економічної ефективності інноваційних заходів щодо впровадження методів підвищування перешкодозахищеності ТКД. Період повернення одноразових витрат - перший рік розрахункового періоду.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Прилипко А.А., Гриднев В.Н., Савинов Н.П. Математическая модель путевого датчика //Сб. науч. тр.- Харьков: ХИИТ, 1989. - Вып. 10. – С. 51 – 55.

2. Бабаев М.М., Демченко О.Ф., Прилипко А.А. Применение методов декомпозиции и абстрагирования при создании комплекса программ системы “идентификации подвижного состава” // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1996. – № 3, 4. – С.34 – 36.

3. Прилипко А.А. Использование современных методов системной инженерии при разработке сложного программно – аппаратного комплекса // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 4, 5. – С.100 – 105.

4. Прилипко А.А. Розробка сучасних точкових рейкових датчиків //Зб. наук. пр. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. - Вип.49. - С.70-74.

5. Пат. 21955 Україна, МКІ⁶ В 61 L 1/08, В 61 L 1/16. Колійний індуктивний датчик/ М.М. Бабаєв, О.Ф. Демченко, Л.О. Ісаєв, А.А. Прилипко, Ю.В. Соболев (Україна). -№ 94086638; Заявл. 11.08.94; Опубл. 30.04.98, Бюл.№ 2. – Зс.: 1 іл.

Додатково матеріали дисертаційної роботи викладені в працях

6. Прилипко А.А., Гриднев В. Н. Разработка датчиков контроля прохождения осей подвижных единиц /Сб. науч. тр.- Харьков: ХИИТ, 1989. Вып. 10. - С. 37 – 40.
7. Прилипко А.А. Разработка точечных путевых датчиков с нелинейными элементами//Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Дод. до журналу. – 2002. - № 4,5. – С.52.
8. Прилипко А.А. Моделювання передачі та обробки сигналів від первинних перетворювачів точкових рейкових датчиків// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Дод. до журналу. – 2004. – № 4,5. – С.107.
9. Прилипко А.А., Золочевский Л.Н., Демченко О.Ф. Методы обработки первичной информации устройства опознавания вагонов // Тезисы докладов республиканской конференции / Микропроцес-сорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте, г. Киев.– К.,1991. – С. 16.
10. Прилипко А.А., Пилипенко В.В. Постановка задачи при создании автоматизированного рабочего места с использованием объектно – ориентированного программирования // Сб. тез. докл. на науч. – практ. конф. / Пути усовершенствования технических средств метрополитенов, г. Харьков, - Харьков.1995. – С. 46.
11. Прилипко А.А., Золочевский Л.Н. Создание автоматизированного рабочего места диспетчера электродепо метрополитена // Тезисы докладов республиканской конференции / Микропроцессорные системы связи и управления на железно-дорожном транспорте, г. Киев.– К.,1991. – С. 16.
12. Путевой индуктивный датчик: А.с. 1594039 СССР, МКИ В 61 L 1/08 / Ю.В. Соболев, В.М. Соколов, М.М. Бабаев, А.А. Прилипко, А.Ф. Май-борода, Л.Н. Золочевский, С.В. Кошевой, В.Н. Гриднев (СССР). - № 4373806/27-11; Заявлено 05.02.88; Оpubл. 23.09.90, Бюл. № 35.
13. Устройство для контроля проследования колеса железнодорожного транспортного средства: А.с. 1615009 СССР, МКИ В 61 L 1/08, 1/16/ Ю.В. Соболев, В.М. Соколов, М.М. Бабаев, А.А. Прилипко, В.Н. Гриднев (СССР). - № 4458176/27-11; Заявлено 11.07.88; Оpubл. 23.12.90, Бюл. № 47.
14. Путевой датчик: А.с. 1682229 СССР, МКИ В 61 L 1/16 / Ю.В. Соболев, В.М. Соколов, М.М. Бабаев, А.А. Прилипко, В.Н. Гриднев (СССР). – № 4607798/11; Заявлено 22.11.88; Оpubл. 07.10.91, Бюл. № 37.
15. Путевой индуктивный датчик: А.с. 1523446 СССР, МКИ В 61 L 1/08, 1/16 / Ю.В. Соболев, В.М. Соколов, М.М. Бабаев, А.А. Прилипко, А.Ф. Майборода, Л.Н.Золочевский, С.В. Кошевой, В.Н. Гриднев (СССР). - № 4321934/27-11; Заявлено 30.10.87; Оpubл. 23.11.89, Бюл. № 43.
16. Пат. 2102267 РФ, МПК В 61 Н 7/12, В 60 Т 17/22. Путевой индуктивний датчик: Пат. 2102267 РФ, МКИ В 61 Н 7/12, В 60 Т 17/22 / М. М. Бабаев, О. Ф. Демченко, Л. А. Исаев, А. А. Прилипко, Ю. В. Соболев (Украина). - № 95113387/28; Заявл. 27.07.95; Оpubл. 20.01.98, Бюл. № 2. – 5с.: 2 ил.
17. Пат. 13411 Україна, МКІ⁶ В 61 L 1/08, В 61 L 1/16. Пристрій для знаходження об'єкта, який рухається по рейках: Пат. 13411Україна, МКІ⁶ В 61 L 1/08, В 61 L 1/16 / М.М. Бабаєв, О.Ф. Демченко, Л.О. Ісаєв, С.В. Кошовий, А. А. Прилипко, Ю. В. Соболев (Україна). - № 95010319; Заявл. 23.01.95; Оpubл. 31.08.98. Бюл. № 4. – 3с.: іл. 2.
18. Устройство для автоматической маркировки железнодорожных единиц подвижного состава: А.с. 1507633 СССР, МКИ В 61 L 25/02, 1/16 / Ю.В. Соболев, В.М.

Соколов, Л.Н. Золочевский, М.М. Бабаев, В.И. Светличный, А.А. Прилипко, А.Ф. Майборода, С.В. Кошевой, В.Н. Гриднев (СССР). - № 4340163/27-11; Заявлено 07.12.87; Опубл. 15.09.89, Бюл. № 34.

19. Устройство для защиты напольных приборов автоматики и телемеханики от влияния магнитного поля рельса: А.с. 1567434 СССР, МКИ В 61 L 1/16 /Ю.В. Соболев, Е.В. Анцифров, М.М. Бабаев, В.Ф. Жильцов, В.М. Крашенинников, Ю.Д. Левичев, А.А. Прилипко, Н.П. Савинов, В.М. Соколов (СССР). - № 4448025/27-11; Заявлено 03.05.88; Опубл. 30.05.90, Бюл. № 20.

АНОТАЦІЯ

Прилипко А.А. Підвищення ефективності експлуатації точкового колійного датчика за рахунок структурного синтезу. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2005 р.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності експлуатації точкового колійного датчика за рахунок структурного синтезу елементів пристрою рахунку осей і взаємозв'язків між ними. Досліджені умови експлуатації існуючих точкових колійних датчиків з погляду ефективних принципів побудови, достовірності рахунку осей і можливості діагностування при різному рівні існуючих перешкод і виконаний їх аналіз. Для підвищення швидкодії й точності визначення позиції осі колісної пари на залізничній колії первинним перетворювачем запропонована методологія вибору параметрів високочастотного модулятора. Експериментально визначена величина намагніченості рейки тяговим струмом і електромагнітами при їх завантаженні. Максимальне значення магнітної індукції на головці рейки складає 2 мТл. Розроблені моделі пристроїв, які зменшують електромагнітне поле в зоні установки первинних перетворювачів лічильників осей. Економічне обґрунтування запропонованих заходів показало, що період повернення одноразових витрат - перший рік розрахункового періоду.

Ключові слова: математичне моделювання, високочастотний модулятор, об'єктний - орієнтований аналіз, точковий колійний датчик.

АННОТАЦИЯ

Прилипко А.А. Повышение эффективности эксплуатации точечного путевого датчика на основе структурного синтеза. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2005 г.

Диссертация посвящена решению научно – прикладной задачи - повышения эффективности эксплуатации точечного путевого датчика за счет структурного синтеза, улучшения параметров его элементов и нормализацией взаимосвязей между ними, повышения надежности функционирования ТКД и улучшения проектных решений, которые принимаются для обеспечения высокой достоверности определения местонахождения колесной пары над заданной точкой пути.

Исследованы условия эксплуатации существующих точечных путевых датчиков с точки зрения эффективных принципов построения, достоверности счета осей и возможности диагностирования при различном уровне существующих помех и

выполнен анализ. Установлено, что интенсивность отказов при прохождении спаренных железнодорожных грузовых составов в зоне установки путевого преобразователя меньше $0,3 \cdot 10^{-7} 1/\text{час}$, что недопустимо для безопасной работы систем железнодорожной автоматики.

Согласно метода Монте-Карло разработан алгоритм оптимизации целевой функции при моделировании высокочастотного модулятора для двух переменных R_n , ω , при числе итераций равном 1000 согласно разработанного алгоритма расхождение с классическим методом составила 0,1%.

Для трех переменных, используя классический метод, найти максимум целевой функции не возможно из малых значений вторых производных относительно трех переменных, поэтому число итераций было увеличено до 10000. Сравнивая новые результаты с полученными значениями R_n , ω , R_r при 1000 итераций расхождение составило 0,01%. Это подтвердило эффективность разработанного алгоритма оптимизации. Также учтено влияние бандажа колесной пары, как электромагнитного экрана, на изменения индуктивности высокочастотного модулятора. Для этого анализируется внесенная собственная индуктивность катушки, которая возникает рядом с экраном.

Используя объектно-ориентированный анализ, разработаны информационные модели передачи и преобразования сигналов в ТПД с учетом процессов происходящих в отдельных узлах. Это позволило разработать модель состояний ТПД в нормальных и в аварийных условиях работы, оценить месторасположение ТПД на участках движения поездов, а также установить наиболее ответственные точки считывания параметров поездных единиц. В результате анализа информационных моделей разработана функциональная схема с двумя чувствительными элементами, позволяющая определить направление движения подвижного состава, а также повысить помехозащищенность считывания оси колесной пары.

Разработан новый метод диагностирования первичного преобразователя ТПД основанный на использовании контроля формы сигнала и применения нелинейного элемента. Для этого использовался один из способов синтеза нелинейных преобразователей. Также для диагностики ТПД использован импульсный сигнал. По результатам отклика на выходе первичного преобразователя судят о работоспособности подсистемы рельсового датчика.

Разработан программный продукт, внедрение которого предполагается на автоматизированном рабочем месте дежурного по электродепо метрополитена в рамках комплексной системы обмена данными. Технология основана на применении точечных методов сбора информации.

Процесс контроля маневровой работой и выходом (заходом) поездных единиц на линию (с линии) предположено рассматривать как информационные модели основных объектов, в том числе и точечного путевого датчика. Задачу определения пробега вагонов и определения их места нахождения, автоматического диагностирования точечных путевых датчиков предлагается реализовать с использованием современных СУБД.

Экспериментально определена величина намагниченности рельса тяговым током и электромагнитами при их загрузке. Максимальное значение магнитной индукции на головке рельса составляет 2 мТл. Разработаны модели устройств, которые уменьшают электромагнитное поле в зоне установки первичных преобразователей счетчиков осей.

Расчет экономической эффективности защиты точечных путевых датчиков в зоне влияния тяговых токов выполняется в соответствии с современной методикой

оценки экономической эффективности инновационных мероприятий. Экономическое обоснование предложенных мероприятий показало, что период возврата одноразовых затрат - первый год расчетного периода.

Ключевые слова: математическое моделирование, высокочастотный модулятор, объектно-ориентированный анализ, точечный путевой датчик.

THE SUMMARY

Prilipko A.A. Operation efficiency increase of the point path-control transducer on the basis of structural synthesis. – Manuscript.

The thesis on competition of the scientific degree of Candidate of Technical Sciences on speciality 05.22.20 Operation and maintenance of transport means – Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2005.

The dissertation is devoted to solving scientifically – applied task of operation efficiency increase of the point path-control transducer due to the structural synthesis of elements of axes account device and intercommunications between them, as well as increase of their functioning reliability and improvement of projects decisions which are adopted for ensuring high authenticity of location determination of wheelpair above the set point of way. The operation conditions and environments of the existent points path-control transducers have been investigated from the point of effective principles of construction, authenticity of axes account and possibilities of diagnosing at a various level of existent noises; the analysis has been carried out too. For the increase of discriminability and exactness of primary transformer positioning, the methodology of the choice of high-frequency modulator parameters has been offered. For this purpose the classic method of a special purpose function optimization with the use of Gesse matrix and method of Monte Karlo has been used. The value of rail magnetizing by a hauling current and electromagnets at their load has been experimentally determined. The maximal value of magnetic induction on a railhead is 2 mTl. The models of devices which diminish the electromagnetic field in the area of setting the primary transformers of axes account have been developed.

Keywords: mathematical design, high-frequency modulator, objective oriented analysis, point path-control transducer.