

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Маловічко Володимир Володимирович

УДК 656.25:156.25

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ
ЇХ ПАРАМЕТРІВ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук, професор
Гаврилюк Володимир Ілліч,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
завідувач кафедрою «Автоматика, телемеханіка та зв'язок»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бойнік Анатолій Борисович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
завідувач кафедрою «Автоматика і комп'ютерне
телекерування рухом поїздів»

кандидат технічних наук,
Радковський Сергій Олександрович,
Донецький інститут залізничного транспорту Української
державної академії залізничного транспорту,
доцент кафедри «Автоматика, телемеханіка, зв'язок та
обчислювальна техніка»

Захист відбудеться “ ” 2011 р. о годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2

Автореферат розісланий “ ” 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

_____ І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Надійна та безпечна робота залізничного транспорту значною мірою залежить від своєчасного та якісного технічного обслуговування пристроїв управління рухом поїздів. Розподіл відмов між службами залізниці виглядає наступним чином: служба сигналізації та зв'язку – 0.35; служба колії – 0.508; служба руху – 0.091; служба електропостачання – 0.045 від загальної кількості відмов. По статистиці, найбільша кількість відмов в системах залізничної автоматики припадає на системи автоблокування – 42%, та системи електричної централізації – 38,2%. В системі електричної централізації на стрілочні переводи доводиться близько 20,41%, а з урахуванням середньої тривалості часу на усунення відмов, середньої тривалості затримки потягу на одну відмову, числа затриманих потягів на тисячу маршрутів і т.д. виникнення відмов в стрілочних переводах призводить до значних додаткових експлуатаційних витрат. Таким чином, підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів та створення системи автоматичного контролю і діагностування стрілок є важливою науково-технічною задачею.

Актуальність роботи. Для забезпечення надійної роботи систем регулювання рухом поїздів нормативними документами передбачено проведення періодичного технічного обслуговування, що включає контроль основних параметрів апаратури та її регулювання як безпосередньо під час експлуатації, так і в ремонтно-технологічній дільниці дистанції сигналізації та зв'язку. Недоліками існуючої технології обслуговування стрілочних переводів є: значні затрати часу та ручної праці; неможливість проведення безперервного контролю і своєчасного виявлення можливих дефектів та пошкоджень; відсутність можливості виявлення деяких скритих дефектів електромеханічної системи стрілочних електроприводів, оскільки контроль базується, головним чином, на вимірюванні робочого струму і струму роботи стрілки на фрикцію; необхідність проведення додаткового обстеження в ремонтно-технологічній дільниці для визначення характеру і локалізації дефекту; суб'єктивність отриманих результатів та їх недостатня точність, пов'язана з візуальною реєстрацією.

Все це негативно впливає на ефективність поїзної роботи на станціях.

З урахуванням великої кількості централізованих стрілок (близько 36000) на залізницях України, існуюча технологія, крім вказаних недоліків, несе з собою також значні експлуатаційні витрати.

Подальше підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів та зменшення експлуатаційних витрат можливе шляхом автоматизації контролю їх параметрів, з організацією на цій основі безперервного контролю технічного стану стрілочних переводів, а при виявленні дефекту визначення його характеру і локалізації.

Таким чином, підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів та створення автоматизованої системи контролю є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності зі Стратегією розвитку залізничного транспорту України до 2020 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 року). Обраний напрям дослідження відповідає Концепції комплексної програми розвитку залізничного транспорту України на 2007-2020р.

Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідною роботою „Розробка та наукове обґрунтування технічних рішень по підвищенню безпеки руху поїздів на швидкісних магістралях шляхом автоматизації контролю та діагностування рейкових кіл” (номер державної реєстрації 0108U003066), в якій дисертант брав участь у якості виконавця (розділ 4 звіту з НДР).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів та зменшення експлуатаційних витрат шляхом автоматизації контролю їх параметрів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих методів та засобів технічного обслуговування стрілочних переводів;
- розробити математичну модель електромеханічних процесів в стрілочному електроприводі з заданими дефектами та технічно справному стані;
- визначити необхідні діагностичні ознаки для аналізу стану стрілочних переводів з електричними двигунами послідовного збудження без виключення стрілок з поїзної і маневрової роботи;
- розробити методи та засоби безперервного автоматизованого контролю та діагностування стрілочних переводів;
- розробити методи автоматичної обробки результатів контролю параметрів стрілочного переводу;
- розробити дослідний зразок автоматизованого апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів стрілочних переводів.

Об'єкт дослідження – процес технічного обслуговування стрілочних переводів.

Предмет дослідження – методи та засоби автоматизації контролю параметрів стрілочних переводів.

Методи досліджень. Результати дисертації отримані за допомогою методів математичного моделювання, числових методів, перетворення Фур'є, статистичного аналізу, моделювання з використанням апарату штучних нейронних мереж:

- математичне моделювання використане з метою дослідження електромеханічних процесів в стрілочному електроприводі з заданими дефектами та технічно справному стані;
- числові методи використані для математичного опису часової залежності струму переводу стрілки за допомогою інтерполяції сплайнами, а також для визначення кількісних критеріїв відмов

стрілочного переводу шляхом порівняння форми кривої струму переводу стрілки з кривою переводу стрілки в справному стані, що прийнята як зразкова;

- перетворення Фур'є використано для визначення діагностичних ознак відмов стрілочного двигуна постійного струму з послідовним збудженням за допомогою аналізу часових залежностей струму під час переводу стрілки;

- методи статистичного аналізу використані для обґрунтування можливості вирішення задачі підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом впровадження системи автоматичного контролю їх параметрів;

- методи моделювання з використанням апарату штучних нейронних мереж застосовані для побудови автоматичного апаратно-програмного комплексу контролю технічного стану стрілочних переводів та визначення типів дефектів в несправному стані.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці нових та подальшому розвитку існуючих науково обґрунтованих методів підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів, що дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та підвищити ефективність поїзної роботи.

Вперше:

- розроблено комплексну математичну модель електромеханічних процесів, що відбуваються в стрілочному електроприводі в працездатному стані та з певними дефектами при переводі стрілки, що дозволило визначити діагностичні ознаки найбільш поширених дефектів стрілочного переводу;

- на основі статистичного аналізу часових залежностей струму переведення стрілок визначено граничні функції струму за критерієм ймовірнісного знаходження стрілочного електроприводу в працездатному стані на рівні значності 5 % та проведено апроксимацію функцій струму сплайнами, що дозволило реалізувати автоматичний метод контролю технічного стану стрілочного переводу;

- проведено наукове обґрунтування розробленого методу автоматичного діагностування стрілочних переводів, що знаходяться в експлуатації, на основі аналізу функції струму переведення стрілки в часовій та частотній області з використанням запропонованої процедури інтегральної оцінки відхилення струму від граничних значень та апарату штучних нейронних мереж.

Удосконалено:

- наукове обґрунтування методики обслуговування стрілочних двигунів в ремонтно-технологічній дільниці дистанції сигналізації та зв'язку, яка відрізняється від існуючих проведенням додаткового вхідного та вихідного контролю двигунів за допомогою розробленого

стенду автоматизованого контролю, що дозволяє підвищити якість технічного обслуговування та зменшити експлуатаційні витрати.

Достовірність одержаних результатів, висновків та рекомендацій підтверджується строгістю теоретичного обґрунтування та достатньою збіжністю результатів математичного моделювання з результатами експериментальних досліджень.

Практичне значення одержаних результатів. Здобуті в дисертації наукові результати дозволили розробити новий автоматичний метод контролю технічного стану стрілочних переводів без вимкнення стрілок з поїзної роботи, який може використовуватись в системах електричної централізації, гіркової централізації, систем диспетчерського керування і контролю та ін. Проведені дослідження дозволили:

- розробити та виготовити автоматизований апаратно-програмний комплекс контролю і діагностування стрілочних переводів без виключення їх з централізації;
- розробити метод безперервного автоматизованого контролю та діагностування стрілочних переводів, який дозволяє контролювати 14 основних несправностей.

Основні результати досліджень впроваджені на залізничній станції “Дніпропетровськ-пасажирський” (ДП “Придніпровська залізниця” м.Дніпропетровськ), та в навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Використання перелічених практичних результатів дозволить підвищити ефективність технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів.

Економічний ефект від впровадження системи автоматизованого контролю стану стрілочних двигунів для однієї дистанції сигналізації та зв’язку складає приблизно 12,8 тис. грн. на рік, а строк окупності впроваджуваного комплексу біля одного року.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати теоретичних і експериментальних досліджень, наведені в дисертаційній роботі, отримані автором особисто або безпосередньо за його участю. Обробка отриманих результатів, формулювання наукових положень і висновків, підготовка публікацій і доповідей також проводились автором особисто. Постановку мети та задач дослідження виконано спільно з науковим керівником. Усі положення та результати, що виносяться на захист, приведені в роботах [1-10]. В роботах, що опубліковані у співавторстві, дисертанту належать: визначення факторів, які слід враховувати під час вибору діагностичних ознак [1]; приведення та обробка статистичних даних по відмовах пристроїв електричної централізації, наукове обґрунтування вибраних діагностичних параметрів [2]; проведення аналізу технічних перевірок стрілочних електричних приводів, що виконуються під час періодичного огляду пристроїв залізничної автоматики на станції, на основі проведеного аналізу запропоновано структурну схему

автоматизованого пристрою контролю основних параметрів стрілочного електроприводу, що дозволяє проводити виміри параметрів без виключення стрілок з централізації [3]; проведення вимірювань струму стрілочних приводів при різних відмовах двигуна, аналіз результатів поведених вимірювань спектрального складу струму переводу стрілок при їх справному стані та різних дефектах, визначені особливості їх форми в залежності від типу відмов [5]; проведено експериментальні вимірювання для різних типів відмов стрілки, за допомогою аналізу часової залежності струму, визначені діагностичні ознаки для фіксації відмов стрілочного переводу безпосередньо в умовах експлуатації [6]; розроблена структура системи діагностики і контролю стану стрілочних двигунів в ремонтно-технологічній дільниці, а також проведено розрахунок економії часу обслуговуючим персоналом при використанні розробленої системи [7]; виконано математичний опис часової залежності струму переводу стрілки за допомогою інтерполяції сплайнами та запропоновано методи виявлення відмов стрілочних переводів за допомогою допустимих значень та методом інтегралів або площин [8, 11]; створення переліку відмов які необхідно діагностувати та проведено розділення несправностей на два типи для подачі в нейронну мережу, запропонована структура нейронної мережі [9]; запропоновано спосіб дистанційного контролю стану стрілочних переводів, визначення діапазонів параметрів діагностичних ознак, необхідних для виявлення відмов стрілки [10].

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися і були схвалені на:

- 65 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2005);

- LXVI Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2006);

- I Міжнародній науково-практичній конференції «Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті (EMC-R 2007)» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2007);

- Міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2008).

- II Міжнародній науково-практичній конференції «Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті (EMC-R 2009)» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2009);

В повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі кафедр «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», «Автоматизований електропривід», «Електропостачання залізниць», «Електрорухомий склад», «Локомотиви», «Станції та вузли», «Управління експлуатаційною роботою», «Фізика» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 4.11.2010 р.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 20 наукових праць, з яких 9 – у наукових журналах і збірниках наукових праць, рекомендованих ВАК України за фахом 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту, 2 патенти на винахід, 9 – у матеріалах і тезах міжнародних конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Повний обсяг викладено на 177 сторінках, і включає 141 сторінку тексту. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури (113 найменувань) на 10 сторінках, 7 додатків на 22 сторінках, ілюстрована 51 рисунком та 8 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета та задачі дослідження. Розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Відображена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості про апробації та публікації результатів досліджень.

У першому розділі приведена статистика відмов пристроїв сигналізації централізації та блокування, аналіз відмов стрілочного електроприводу, експлуатаційні та технічні вимоги до стрілочних переводів та стрілочних електроприводів в системах електричної централізації, наведено огляд існуючої технології обслуговування стрілочних переводів та контролю їх параметрів, приведено аналіз причин виникнення відмов на стрілках ввімкнених в систему електричної централізації, а також приведений аналіз систем контролю та діагностики стрілок, що відомі на даний час.

Значний вклад в розвиток теорії та розробку систем контролю та діагностування стрілочних переводів з двигунами постійного струму внесли такі вчені: Ю. М. Резников, А. К. Дмитриев, М.Г. Чиликин, А. С. Переборов, И.Е. Дмитренко, Р.Ш. Ягудин, Б.Д. Перникис А.П. Разгонов, А. Б. Бойнік, та ін.

Показано, що на стрілочні електроприводи припадає значна кількість відмов, і це впливає на безпеку руху поїздів. Існуюча технологія обслуговування потребує значних затрат часу; ручної праці; не дозволяє провадити безперервний контроль і своєчасне виявлення можливих дефектів та пошкоджень; не визначає деякі скриті дефекти електромеханічної системи стрілочного електроприводу, а також характер і локалізацію дефекту. Проведено аналіз технічного обслуговування стрілок, а також причини виникнення відмов на стрілках ввімкнених в систему електричної централізації. Розглянуті причини виникнення відмов в стрілочних переводах та відмов стрілочних електродвигунів. Зроблено висновок, що подальше підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів доцільно провадити шляхом автоматизації контролю їх параметрів, що прискорить пошук відмов, а також допоможе не тільки їх виявляти, але й прогнозувати їх виникнення.

Час який затрачується на відновлення системи, визначається за відомою формулою:

$$t_{\dot{a}} = t_i + t_{\ddot{r}} + t_{\ddot{o}} + t_{\dot{o}\ddot{n}}, \quad (1)$$

де t_n – час пошуку несправності, t_{on} – час оповіщення про несправність, що з'явилась, t_{np} – час, що затрачується на слідування до пристрою, що відмовив, t_{yc} – час усунення несправності. При впровадженні системи безперервного контролю час оповіщення значно зменшується і визначається часом циклу опитувань контрольованих елементів, що для реальних систем діагностування пристроїв автоматики та телемеханіки становить кілька секунд. Впровадження системи безперервного контролю і діагностування виключає всі поступові відмови, які становлять 40–50% всіх відмов. При раптових відмовах, які становлять 55–60% від загальної кількості, час відновлення істотно зменшиться за рахунок зменшення часу пошуку несправності t_n .

Проведений аналіз існуючих та перспективних методів обслуговування, контролю та діагностування стрілочних переводів та стрілочних приводів дозволив зробити наступні висновки:

- існуючі методи та вимірювальні засоби морально й технічно застаріли; технологія обслуговування стрілок електричної централізації що ґрунтується на періодичному контролі з обов'язковим виходом обслуговуючого персоналу на колії пов'язана з високими експлуатаційними витратами, включає в себе велику кількість ручних операцій та не забезпечує необхідної точності визначення параметрів;

- вимірювання параметрів стрілочних переводів проводиться візуально обслуговуючим персоналом, а вимірювання електричних величин проводиться приладами без автоматичної фіксації даних, що не надає необхідної точності та достовірності одержаних результатів; запис кривої часової залежності струму стрілочного двигуна взагалі не проводиться та не регламентується, в той час як аналіз форми кривої струму надає змогу контролювати значну кількість параметрів стрілочних переводів без виходу на колії, та дозволяє прогнозувати виникнення відмов;

- існуючі методи контролю та діагностування стрілочних електроприводів та стрілочних переводів не дозволяють виявляти відмови в стрілочному переводі та стрілочному приводі одночасно з необхідною точністю та змогою прогнозування виникнення можливих відмов. Кількість видів відмов, які виявляються в існуючих системах також є не достатньою.

Таким чином, для підвищення ефективності обслуговування стрілочних переводів та електроприводів необхідно розробити нові методи та засоби контролю параметрів стрілок на сучасній елементній базі з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій та з автоматичним визначенням відмов. Для підвищення безпеки функціонування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів необхідно вирішити наступні задачі:

– провести експериментальні та технічні дослідження процесів які відбуваються в стрілочних двигунах при виникненні відмов стрілочних переводів, для наукового обґрунтування і розробки засобів автоматизованого контролю та діагностування стрілочних переводів;

– визначити діагностичні ознаки основних відмов стрілочного переводу для формалізації процедури пошуку відмов і розробки автоматизованої системи контролю стану стрілочних переводів та стрілочних електроприводів;

– розробити методику визначення відмов стрілочного переводу по часовій залежності струму переводу стрілки;

– розробити математичну модель електромеханічних процесів що відбуваються в стрілочному електроприводі при переводі стрілки, для підтвердження правильності експериментальних досліджень та теоретичних висновків.

У другому розділі приведені структурна та кінематичні схеми стрілочного електроприводу, розроблено математичну модель електромеханічних процесів що відбуваються в стрілочному електроприводі та модель стрілочного двигуна, визначені та науково обґрунтовані діагностичні ознаки для виявлення відмов в стрілочному двигуні та стрілочному переводі.

Система диференціальних рівнянь, що описує процеси в стрілочному електроприводі при переводі стрілки має наступний вигляд:

$$\begin{cases} U = E_a + i(R_e + R_a + R_f + R_u) + L \frac{di}{dt}; \\ r^2 = \frac{1}{\hat{E}_j} - T_L \cdot \text{sign}(W) - B_m \cdot W - T_f - K_j \frac{dW}{dT}; \\ L = 2 \cdot p \cdot w_{\text{як}} \cdot \hat{O} - 1 \frac{d\Phi}{di} + 1,05 \cdot \mu_0 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{w_y^2 \cdot \alpha^3 \cdot l_y \cdot D_y \cdot k_\mu}{k_\sigma \cdot \delta} + \frac{4 \cdot l_y \cdot \lambda \cdot w_y^2 \cdot 10^{-8}}{Z} \cdot \mu_0, \end{cases} \quad (2)$$

де U – напруга, що підводиться до лінійних провідників стрілки; E_a – проти-ЕРС в якорі; i – струм в обмотках двигуна; R_e – опір лінійних провідників; R_a – опір обмотки секцій якоря; R_f – опір обмотки збудження; R_u – перехідний опір щіток двигуна; L – повна індуктивність двигуна; r – радіус приведення; T_e – електромагнітний момент машини; T_L – момент опору руху; B_m – коефіцієнт в'язкого тертя; T_f – момент сухого тертя; $\text{sign}(W)$ – сигнум-функція, приймає значення 1, якщо $W > 0$, і значення 0, якщо $W = 0$; W – частота обертання вала електродвигуна; \hat{E}_j – приведений коефіцієнт сумарного моменту в стрілочному електроприводі; p – число пар полюсів двигуна; $w_{\text{як}}$ – число витків головного полюсу; \hat{O} – магнітний потік; σ – коефіцієнт розсіювання магнітного потоку; μ_0 – магнітна проникність повітря; w_y – кількість послідовно ввімкнених витків обмотки якоря; α – коефіцієнт полюсного перекриття; l_y – довжина сердечника

якоря (сталюного пакета якоря); D_y – діаметр якоря; k_μ – коефіцієнт насичення сталюних частин; k_δ – коефіцієнт зубчатості якоря; δ – повітряний зазор між головним полюсом та якорем; λ – провідність потоку розсіювання паза; Z – число пазів якоря.

Для моделювання блоку стрілочного двигуна побудована окрема модель в метричному просторі станів:

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = -\frac{R}{L} \cdot x_0 - \frac{c_e \cdot \hat{O} \cdot 30}{\pi \cdot L} \cdot x_1 + \frac{1}{L} \cdot u_0 + 0 \cdot u_1; \\ \frac{dx_1}{dt} = \frac{c_M \cdot \hat{O}}{J} \cdot x_0 - \frac{B_m}{J} \cdot x_1 + 0 \cdot u_0 - \frac{1}{J} \cdot u_1 - \frac{T_f}{J}; \\ y_0 = c_M \cdot \hat{O} \cdot x_0 + 0 \cdot x_1 + 0 \cdot u_0 + 0 \cdot u_1; \\ y_1 = 0 \cdot x_0 + x_1 + 0 \cdot u_0 + 0 \cdot u_1, \end{cases} \quad (3)$$

де: R – активний опір усіх обмоток двигуна, а також перехідного опору щіток; J – сумарний момент інерції якоря і навантаження; M – електромагнітний момент двигуна; c_M – машинна стала для моменту; c_e – машинна стала для ЕРС; n – частота обертання вала двигуна.

В моделі використовувались наступні позначення:

- вхідні змінні: $u_0 = U$, $u_1 = T_L$;
- вихідні змінні: $y_0 = M$, $y_1 = W$;
- змінні стану: $x_0 = i$, $x_1 = W$.

Для моделі стрілочного двигуна та моделі процесів в стрілочному електроприводі початкові умови приймаються нульовими. За допомогою приведених моделей було підтверджено правильність визначення діагностичних ознак для найбільш поширених дефектів стрілочного переводу. Розроблені моделі адекватні і при рівні значимості 5% результати моделювання співпадають з експериментальними дослідженнями.

В другому розділі також розглянуто можливості застосування функціонального діагностування для контролю стану стрілочного переводу і зроблено висновок що технічні засоби діагностування повинні бути пасивними, автоматичними, містити в собі параметричний і функціональний контроль, виконувати функції визначення справності, працездатності й прогнозування відмов стрілки. Проведений вибір діагностичних ознак по часовій та частотній залежності струму переведення стрілки. Результати отримані за допомогою експериментальних вимірювань частотних (рис.3) та часових (рис.4) залежностей струму, та підтверджені математичними викладками. На основі аналізу спектру сигналу (рис.3) визначено діагностичні ознаки для таких типів відмов: обрив секцій обмоток якоря двигуна; коротке замикання в якорі двигуна; забруднення колектора двигуна та іскріння на щітках; коротке замикання в статорі двигуна; вихід з ладу блока випрямляча. Аналізуючи

часову залежність струму переведення стрілки (рис.4) було отримано наступні ознаки відмов стрілочного переводу: відсутність зазору в корені гостряка стрілки; зменшення опору лінійних провідників; забруднення башмаків стрілки; засипання стрілочного переводу сипучими матеріалами; люфти в з'єднаннях робочої тяги стрілки; перевищення максимально допустимої величини струму при переводі стрілки; перевищення максимально допустимої величини струму при роботі стрілки на фрикцію; обмерзання або забруднення контактів автоперемикача; дефекти підшипників двигуна.

За допомогою вибраних діагностичних ознак є можливість визначення всіх основних відмов стрілочного двигуна, та значної кількості відмов стрілочного приводу та переводу. Крім цього визначені діагностичні ознаки для виявлення таких відмов як переплутування лінійних провідників та виникнення випрямного процесу на колекторі двигуна, які є основними недоліками двопровідної схеми керування стрілкою.

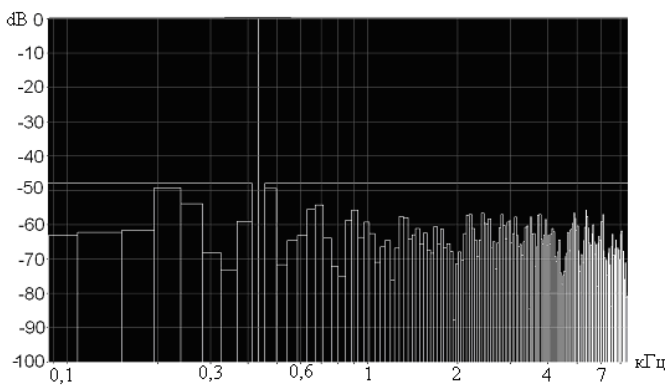


Рис.3. Спектр сигналу при обриві провідників в якорі двигуна.

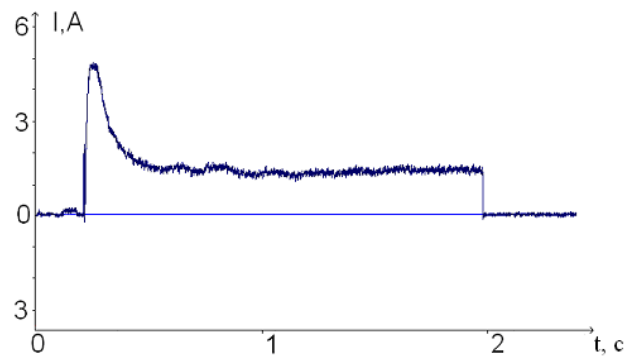


Рис.4. Часова залежність струму переведення стрілки при обриві в якорі.

В третьому розділі приведені експериментально виміряні часові залежності струму переводу стрілки в справному стані та з певними дефектами та проведено їх аналіз. Для формалізації критеріїв пошуку дефектів стрілочного переводу проведено інтерполяцію експериментальних кривих часових залежностей струму за допомогою сплайнів. На основі визначення функції математичного очікування залежності струму переводу стрілки від часу, одержаної за результатами декількох вимірювань часової залежності струму при повністю справному стрілочному переводі формується так звана зразкова крива для даного переводу. Ця крива апроксимується сплайнами та зберігається в пам'яті апаратно-програмного контролюючого комплексу. Приклад такої кривої для ілюстрації наведено на рис 5.

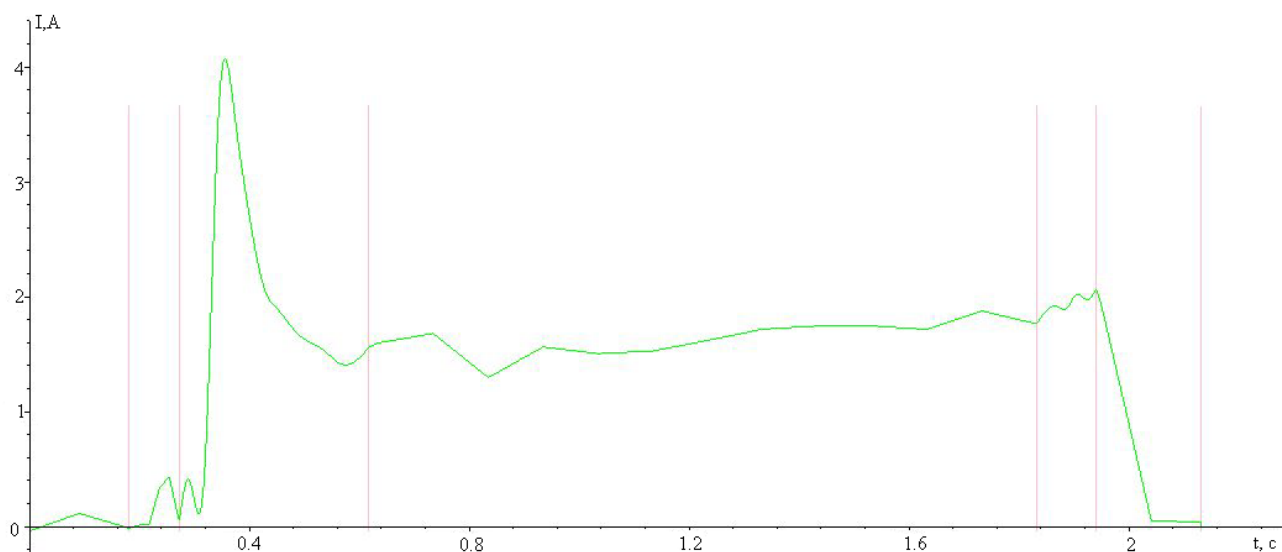


Рис. 5. Крива струму переведу стрілки побудована з масиву даних за допомогою сплайнів.

Для вирішення задачі фіксації відмови по визначених критеріях оцінки необхідно визначати на яких ділянках кривої часової залежності струму значення струму перевищує допустиме. Для цього використовуються інтервали допустимих значень які задаються програмно. На основі статистичного аналізу часових залежностей струму переведення стрілок визначено закон розподілу щільності ймовірностей, функції математичного очікування та середнє квадратичного відхилення струму, за якими визначено граничні функції струму переведення стрілок та проведено їх апроксимацію сплайнами. Для побудови кривої часової залежності струму (рис.5) та граничних функцій виконується інтерполяція даних отриманих в результаті вимірювань і за допомогою шести різних сплайнів проводиться математичний опис часової залежності струму переведення стрілки. Поділ кривої часової залежності струму переведення стрілки на ділянки для інтерполяції проводиться в автоматичному режимі, шляхом знаходження точок екстремумів функції. Для кожної ділянки підібраний свій метод інтерполяції. На першій, другій, четвертій, та шостих ділянках (рис.5) крива відображається за допомогою лінійних сплайнів, а на третій та п'ятій ділянці, для побудови кривої використовується кубічний сплайн. При побудові граничних функцій струму за критерієм імовірнісного знаходження стрілочного електроприводу в працездатному стані на рівні значності 5 % на відповідних ділянках використовуються аналогічні сплайни.

Для автоматичного діагностування стрілочних переводів, що знаходяться в експлуатації, на основі аналізу функцій струму переведення стрілки розроблено процедуру інтегральної оцінки відхилення струму від граничних значень.

Величина струму в інтервалі допустимих значень складає 10 % від величини струму на даній ділянці. Величини струму в граничних значеннях можна задавати програмно, як і кількість коридорів та точок які використовуються для побудови кожної ділянки зразкової кривої та кривої струму переведення стрілки, що аналізується. Вихід значень кривої струму

переводу стрілки, що діагностується, за задані границі можливо фіксувати в автоматичному режимі за допомогою методу площин або інтегралів. Під методом площин (або інтегралів) мається на увазі обрахування площі експериментально вимірної кривої, що виходить за межі коридору, побудованого для умовно зразкової кривої. Підрахунок площі здійснюється за допомогою різниці визначених інтегралів, межі яких визначаються точками перетину аналізованої кривої з функцією допустимого граничного значення, та обмежуються функціями допустимого значення і даної аналізованої кривої.

$$S = \int_a^b f_{\text{реал.}}(x) dx - \int_a^b f_{\text{кор.}}(x) dx \quad (4)$$

де a та b – абсиси початкової та кінцевої точок перетину кривих; $f_{\text{реал.}}(x)$ – значення функції, що аналізується, які відповідають обрахуванням в даний момент значенням a та b ; $f_{\text{кор.}}(x)$ – значення кускової функції для інтервалу допустимих значень (спочатку обраховується верхня, потім нижня межа інтервалу), що відповідає обрахуванням в даний момент значенням a та b .

Якщо отримана площа входить в визначений діапазон, то виноситься рішення про належність даної експериментально вимірної кривої струму переводу стрілки до того чи іншого виду несправності.

Приклад зразкової кривої струму з коридорами допустимих значень для справного стрілочного переводу наведено на рис. 6, а на рис. 7 приклад реально вимірної кривої струму переводу стрілки переводу, що діагностується.

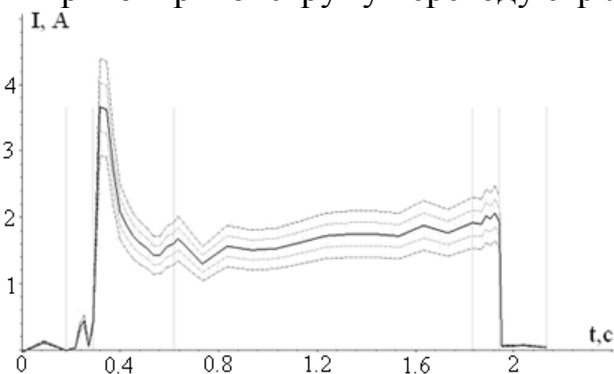


Рис. 6. Зразкова крива з граничними функціями 10 та 20%.

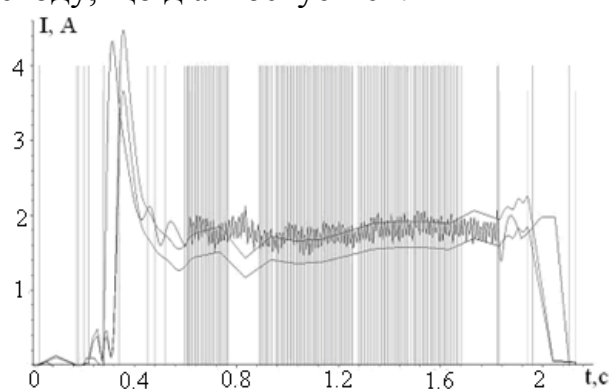


Рис. 7. Крива струму переводу стрілки з відмовою та точками перетину кривої і граничної функції.

Для реалізації поставленої задачі застосування нейромережевих технологій для діагностування стрілочних переводів з двигуном постійного струму вибрана нейронна мережа на двошаровому перцептроні та розроблено процедуру її навчання. Двошаровий перцептрон реалізує таку функцію:

$$y(n) = f \left[\sum_{h_1=0}^{H_1} a_{h_1} f \left[\sum_{i=0}^N a_i x_i \right] \right], \quad (5)$$

де a_i - ваговий коефіцієнт i -го входу нейрона n шару 1; a_{hi} - ваговий коефіцієнт i -го входу нейрона n шару 2; x_i - вхідні значення нейронної мережі; f - функція активації; $y(n)$ - значення виходу нейрона n ; N - розмірність вхідного сигналу. Для ефективного функціонування автоматичної системи на базі нейронної мережі, необхідно для кожної стрілки поста електричної централізації накопичити статистичну базу відмов кожного типу.

В четвертому розділі розроблена структура, блок-схеми процедур функціонування та технічна реалізації системи діагностування стрілочних переводів та електродвигунів. Була розроблена схема системи діагностування та контролю стрілочних переводів без виключення стрілки з поїзної роботи в автоматичному режимі. Приведена структурна схема системи діагностування всіх пристроїв електричної централізації з описом її роботи, та алгоритмом функціонування. Розглянута можливість використання даної системи технічної діагностики станційних пристроїв в якості порадики для електромеханіка. Виконано розробку системи контролю стану стрілочних двигунів постійного струму для використання в ремонтно-технологічних дільницях. При цьому розглянута існуюча методика визначення несправностей стрілочних двигунів в ремонтно-технологічній дільниці з визначенням її недоліків та розроблена схема стенду для перевірки двигунів по часовій залежності струму. Також приведені типові норми часу на ремонт і перевірку електродвигунів при існуючій технології та затрати часу при використанні системи контролю стану стрілочних двигунів постійного струму по часовій залежності струму під час переводу стрілки. Час на перевірку та ремонт одного двигуна визначається за відомою формулою:

$$\dot{O} = \dot{O}_{\bar{i}\bar{i}} + \dot{O}_{i\bar{a}} + \dot{O}_{i\bar{c}} + \dot{O}_{\bar{o}\bar{i}} + \dot{O}_{i\bar{a}\bar{i}\bar{i}} , \quad (6)$$

де T_{on} - оперативний час перевірки; $\dot{O}_{i\bar{a}}$ - час обслуговування робочого місця; T_{nz} - підготовчо-заклучний час; T_{mn} - час виділений для технічних перерв; T_{non} - час перерв на відпочинок та для особистих потреб.

В цілому час перевірки одного двигуна складає близько 137 хвилин. На основі проведених досліджень запропоновано удосконалену технологію обслуговування стрілочних двигунів в ремонтно-технологічній дільниці дистанції сигналізації та зв'язку, яка відрізняється від існуючих проведенням додаткового вхідного та вихідного контролю двигунів за допомогою розробленого стенду автоматизованого контролю, що дозволяє значно зменшити час визначення технічного стану стрілочних двигунів постійного струму з послідовним збудженням.

При використанні стенду для вхідного контролю, час потрібний для визначення стану електродвигуна буде складати 1-2 хвилини. При періодичній перевірці двигуна, в якому відсутні дефекти, час на перевірку двигуна буде складати близько 8 хвилин, а при наявності дефектів час на перевірку та ремонт буде складати в середньому 37 хвилин. Крім економії часу підвищується також

якість перевірки стану двигунів. Все це дозволяє підвищити ефективність технічного обслуговування та зменшити експлуатаційні витрати.

В п'ятому розділі приведено обґрунтування впровадження комплексу контролю та діагностування стрілочних переводів. Також приведено обґрунтування впровадження автоматизованого комплексу в ремонтно-технологічних дільницях дистанції сигналізації та зв'язку з розрахунком експлуатаційних витрат за рік, річного економічного ефекту та строку окупності системи. Для існуючих пристроїв експлуатаційні витрати складають 26315,86 грн., а для автоматизованого стенду 12476,28 грн. Всі розрахунки приведені для однієї дистанції сигналізації та зв'язку середнього розміру. Річний економічний ефект від впровадження автоматизованого стенду для перевірки параметрів стрілочних двигунів дорівнює 12802,08 грн., а строк окупності впроваджуваного автоматизованого стенда дорівнює 1,06 років.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі запропоновано вирішення науково-прикладної задачі підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів. Контроль параметрів стрілочних переводів проводиться по часовій та частотній залежності струму переводу стрілки за визначеними діагностичними ознаками.

Основні наукові результати полягають в наступному:

- проведений аналіз існуючих методів та засобів технічного обслуговування стрілочних переводів показав, що існуюча технологія обслуговування стрілочних переводів, яка базується на планово-попереджувальних контрольних заходах, з методами та вимірювальними засобами, що використовуються при цьому, морально й технічно застаріли; подальше підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів можливе за рахунок розробки та впровадження сучасних контролюючих та діагностуючих комплексів;

- визначено діагностичні ознаки для аналізу стану стрілочних переводів з електричними двигунами послідовного збудження без виключення стрілок з поїзної і маневрової роботи по часовій та частотній залежності струму переводу стрілки. По часовій залежності струму виявлені діагностичні ознаки для 10 різних відмов стрілочного переводу, а по частотній залежності струму визначено 4 ознаки відмов, що проявляються у частотному діапазоні 300-600 Гц. Запропоновано метод виявлення двох небезпечних відмов двопровідної схеми керування стрілкою;

- розроблена математична модель яка враховує електромеханічні процеси в електроприводі та механічній частині стрілочного переводу, що дозволило уточнити діагностичні ознаки відмов та виявити нові ознаки для дефектів, які складно реалізувати на практиці для отримання статистичних характеристик та параметрів. Розроблена модель стрілочного двигуна в просторі станів,

приведені математичні моделі струму комутованої секції та модель комутаційної складової напруги на полюсній обмотці для уточнення діагностичних ознак по частотній характеристиці. Доведено адекватність розроблених моделей. Результати моделювання співпадають з експериментальними результатами при критерії значимості 5%;

- розроблені методи та засоби безперервного автоматичного контролю та діагностування стрілочних переводів по часовій та частотній характеристиці струму стрілочного двигуна без виключення стрілки з поїзної роботи станції, що не потребують внесення змін в схему керування стрілочним переводом та дозволяють зменшити час технічного обслуговування стрілки більш ніж на 32 %;

- розроблені методи автоматичної обробки результатів діагностування, на основі статистичного аналізу часових залежностей струму переведення стрілок визначено закон розподілу щільності ймовірностей, функції математичного очікування та середнє квадратичного відхилення струму, за якими визначено граничні функції струму переведення стрілок та проведено їх апроксимацію сплайнами. Для цього використовуються методи інтегралів та штучних нейронних мереж які базуються на порівняльному аналізі часових і частотних характеристик струму переведення стрілки з визначеними діагностичними ознаками. З урахуванням середньоквадратичного відхилення 0,040 та дисперсії 0,002 визначено коридор допустимих значень в межах 10% від величини струму переводу стрілки.

- розроблений дослідний зразок автоматичного апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів стрілочних переводів без виключення з експлуатації, розглянута можливість використання системи технічної діагностики станційних пристроїв в якості порадики для електромеханіка, з алгоритмом її роботи, розроблений дослідний зразок стенду для перевірки двигунів в ремонтно-технологічній дільниці. Річний економічний ефект від впровадження стенду для перевірки двигунів складає 12802 грн., а ефект від впровадження комплексу для перевірки стрілочних переводів складає 13925 грн. на рік.

Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні роботи:

1. Маловічко В. В. Підвищення експлуатаційної надійності колійних пристроїв електричної централізації / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 15. – С. 11-15.
2. Маловічко В. В. Визначення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочного електродвигуна /В.В.Маловічко, В. І. Гаврилюк, В. Я. Кізяков // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 9-12.

3. Маловічко В. В. Автоматизований контроль основних параметрів стрілочного електропривода / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 5-7.
4. Маловічко В. В. Діагностування стрілочних переводів по кривим споживання струму в умовах експлуатації на станції /В.В. Маловічко // Збірник наукових праць. Донецький інститут залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – 2007. – Вип. 11. – С. 60-69.
5. Маловічко В. В. Автоматизований контроль технічного стану стрілочних електродвигунів постійного струму по кривим споживання струму. / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Вид-во Української державної академії залізничного транспорту, 2007. – Вип. 5, 6. – С. 18-21.
6. Маловічко В. В. Діагностування стану стрілочних переводів по споживанню струму електродвигунами безпосередньо в умовах поїзної роботи. / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк //Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Вид-во Української державної академії залізничного транспорту, 2008, – № 1. – С. 30-34.
7. Маловічко В. В. Використання системи контролю стану стрілочних двигунів по кривій споживання струму в ремонтно-технологічних дільницях. / Маловічко В.В., Гаврилюк В.І., Решетняк М.І. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – С. 11-15.
8. Маловічко В.В. Автоматизація обробки інформації в системах контролю та діагностування стану стрілочних переводів. / Маловічко В. В., Гаврилюк В. І., Рибалка Р. В. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Вид-во Української державної академії залізничного транспорту, 2009. – Вип. 2. – С. 29-33.
9. Маловічко В. В. Застосування нейромережних технологій для діагностування стрілочних переводів з двигунами постійного струму. / Гаврилюк В. І., Дуб В.Ю., Маловічко В. В. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – С. 209-213.
10. Пат. 31735 Україна МПК В61L 7/00. Спосіб дистанційного контролю та діагностування стрілочних переводів з двигуном постійного струму /Маловічко В. В., Гаврилюк В. І.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявлено 29. 10. 2007; опубліковано 25. 04. 2008, Бюл. №8.
11. Пат. 50826 Україна МПК В61L 7/00. Спосіб автоматизованого контролю та діагностування стрілочних переводів. /Маловічко В. В., Гаврилюк В. І., Рибалка Р. В.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявлено 22.12.2009; Опубліковано 25.06.2010, Бюл. №12.

Додаткові роботи:

12. Маловичко В.В., Кизяков В. Я. Анализ отказов напольных устройств электрической централизацией. // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези 65 Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2005. – С. 317.
13. Маловичко В. В., Гаврилюк В. И. Диагностирование стрелочных переводов с двигателями постоянного тока. // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези LXVI Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2006. – С. 313.
14. Маловичко В.В., Гаврилюк В.І., Кізяков В.Я., Визначення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочних електродвигунів. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(EMC-R 2007): Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2007. – С. 59-60.
15. Маловичко В.В. Підвищення експлуатаційної надійності колійних пристроїв електричної централізації. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(EMC-R 2007): Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2007. – С. 71.
16. Маловичко В.В., Гаврилюк В.І. Автоматизований контроль основних параметрів стрілочного електроприводу. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(EMC-R 2007): Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2007. – С. 72.
17. Маловичко В.В. Діагностування стрілочних переводів. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті: Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2007. – С. 73.
18. Маловичко В.В. Анализ отказов напольных устройств электрической централизации. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті: Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2007. – С. 96-97.
19. Маловичко В.В., Гаврилюк В.І., Рибалка Р.В. Визначення способів автоматичної обробки інформації в системі контролю та діагностування стрілочних переводів. // Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи: Тези Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2008. – С.84-85.
20. Маловичко В.В., Гаврилюк В.І., Рибалка Р. В. Автоматизація обробки інформації в системі контролю стану стрілочних приводів. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(EMC-R 2009): Тези II Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2009. – С.15.

АНОТАЦІЯ

Маловичко В. В. Підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів за допомогою автоматизації контролю їх параметрів. Запропоновано методи автоматичного визначення відмов стрілочних переводів за допомогою порівняльного аналізу, комплексного аналізу струму при переводі стрілки в часовій та частотній області з використанням перетворення Фур'є, методу допустимих значень та методу інтегралів, аналізу часової залежності струму, штучних нейронних мереж.

Визначені необхідні діагностичні ознаки для аналізу стану стрілочних переводів без виключення стрілок з поїзної роботи, розроблена математична модель протікання електромеханічних процесів в стрілочному електроприводі, розроблений дослідний зразок автоматизованого апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів стрілочних переводів та дослідний зразок стенду для перевірки двигунів в ремонтно-технологічній дільниці.

Ключові слова: автоматизація контролю, стрілочні переводи, діагностичні ознаки, часова залежність струму переводу стрілки, частотний аналіз, автоматизована система, підвищення ефективності технічного обслуговування.

АННОТАЦІЯ

Маловичко В. В. Повышение эффективности технического обслуживания стрелочных переводов путем автоматизации контроля их параметров. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, Днепропетровск, 2011.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности технического обслуживания стрелочных переводов путем автоматизации контроля их состояния современными техническими средствами. В работе проведен анализ статистики отказов устройств железнодорожной автоматики, и в частности стрелочных приводов, рассмотрены эксплуатационные и технические требования к обслуживанию стрелочных переводов. Приведен анализ причин возникновения отказов на стрелочных переводах включенных в электрическую централизацию, и анализ систем контроля и диагностики напольных устройств электрической централизации, которые используются на железных дорогах. Проведенный анализ позволил выявить существующие недостатки в техническом обслуживании стрелочных переводов и подтвердил актуальность и своевременность приведенных исследований и технических решений.

Впервые разработана модель электромеханических процессов в стрелочном электроприводе, что позволило дать научное обоснование метода автоматизированного контроля стрелочных приводов по кривой тока, который протекает через двигатель во время перевода стрелки. Правильность результатов и адекватность работы модели подтверждены экспериментальными исследованиями.

В работе усовершенствован метод определения диагностических признаков для контроля состояния стрелочных переводов, за счет чего значительно увеличено количество отказов, которые можно выявлять по кривой тока. С помощью диагностических признаков которые определены по временной и частотной характеристике тока перевода стрелки можно выявлять отказы в стрелочном приводе и стрелочном переводе с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения. Для стрелочных переводов выявлены диагностические признаки отказов для четырнадцати неисправностей.

Впервые выполнено математическое описание временной зависимости тока перевода стрелки с помощью интерполяции сплайнами. Это дает возможность создания системы контроля состояния стрелочных переводов, путем сравнения временной зависимости тока измеренной при переводе стрелки и образцовой временной зависимости тока, для чего были использованы коридоры допустимых значений. Такое сравнение позволяет использовать для определения неисправностей метод допустимых значений и метод интегралов. Также рассмотрена возможность использования нейронных сетей для автоматического контроля стрелочных переводов. Для технической реализации данной задачи была разработана нейронная сеть на многослойном перцептроне. С помощью нейронных сетей разработана система автоматического поиска неисправностей по временным и частотным диагностическим признакам.

Осуществлена техническая реализация системы автоматического контроля стрелочных переводов без выключения стрелок с поездной и маневровой работы станции. Использование данных методов и технических средств позволяет создать систему автоматического контроля состояния стрелочного перевода без участия оператора. Рассмотрена возможность использования данной системы в качестве советника для электромеханика при возникновении внезапных отказов в стрелочном переводе. Разработана структура системы диагностирования и контроля всех путевых устройств системы электрической централизации с описанием принципа ее функционирования и алгоритма работы. Произведена разработка системы контроля состояния стрелочных двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением, для использования в ремонтно-технологических участках. При этом была проанализирована существующая технология определения неисправностей двигателей в ремонтно-технологических участках с определением ее недостатков, и разработана схема измерительного стенда. Также приведены типовые нормы времени на ремонт и проверку двигателей при существующей технологии проверки, и затрат времени при использовании системы автоматизированного контроля.

Испытания разработанного экспериментального образца системы автоматического контроля показали, что использование такой системы позволяет уменьшить затраты труда и времени на 32,12%, повысить точность

измерений, производить прогнозирование возникновения возможных отказов, тем самым предупреждая задержки поездов.

Произведен расчет экономического эффекта, эксплуатационных затрат и срока окупаемости системы при ее использовании в ремонтно-технологических участках. Годовой экономический эффект для системы контроля составил 12802 грн., а время окупаемости около одного года. Помимо экономического эффекта, внедрение системы автоматизированного контроля состояния стрелочных переводов дает и социальный эффект, так как в значительной мере уменьшается количество трудоемких ручных операций при плановых профилактических проверках, и уменьшается время нахождения обслуживающего персонала в зоне движения подвижного состава. Предложенные технические решения по повышению безопасности функционирования стрелочных переводов путем автоматизации контроля их параметров, рекомендованы для внедрения на железных дорогах Украины.

Ключевые слова: автоматизация контроля, стрелочные переводы, диагностические признаки, временная зависимость тока перевода стрелки, частотный анализ, автоматизированная система, повышение эффективности технического обслуживания.

ANNOTATION

Malovichko V. V. Point's maintenance efficiency increase by means of their parameters control automation. –The manuscript.

Thesis for candidate of technical science academic degree competition at 05.22.20 – transport means exploitation and maintenance specialty. Dnepropetrovsk State University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2010.

Thesis is devoted to point's maintenance efficiency increase by means of their parameters control automation issues. It is offered methods of automatic point's fault determination by means of the contrastive analysis, the complex analysis of current during switch operation in time and frequency domain with use of Fourier transform, the allowable values method and the integrals method, current's time dependence analysis, artificial neural networks.

Essential diagnostic characters for point's state analysis without disconnection from train service is determined, mathematical model of point's electromechanical processes flow is designed, pre-production model of automated hardware and software complex for point's parameters control and stand's pre-production model for motor testing at service and supply section are designed.

Keywords: control automation, point, diagnostic characters, current's time dependence during switch operation, frequency analysis, automated system, maintenance efficiency increase.

Маловічко Володимир Володимирович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ
ЇХ ПАРАМЕТРІВ**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку “19” січня 2011р. Формат 60×84 1/16.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. л. 1,0. Тираж 100 прим.
Замовлення № _____

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003 р.

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, www.ditrvv.dp.ua.