

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

Романцев Іван Олегович

УДК 656.25:156.25

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ
ІШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЇХ ПАРАМЕТРІВ

Спеціальність: 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:

доктор фізико-математичних наук,

професор Гаврилюк Володимир Ілліч

Дніпропетровськ – 2011

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВОГО КОЛА	
1.1. Рейкові кола залізничного транспорту.....	12
1.2. Техніко-експлуатаційні вимоги щодо технології обслуговування рейко- вих кіл залізничної автоматики	17
1.3. Існуючі системи контролю параметрів рейкових кіл тональної частоти.	20
1.3.1. Виміри електричних параметрів тонального рейкового кола. Періоди- чність проведення та документація.....	21
1.3.2. Автоматизовані прилади та системи контролю тонального рейкового кола.....	24
1.4. Висновки по розділу. Мети та завдання дослідження.....	31
2. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТА СТАНУ ТОНАЛЬНОГО РЕЙКОВОГО КОЛА	
2.1. Вибір і характеристика значимих параметрів і критеріїв	33
2.2. Стани тонального рейкового кола. Граф станів.....	39
2.3. Функції справного і несправного станів	41
2.4. Мінімізація графу станів. Вектори переходу станів.....	47
2.5. Отримання вхідних даних для автоматизації контролю тонального рейкового кола.....	53
2.6. Необхідність визначення ймовірнісних параметрів рейкового кола в процесі безвідривної експлуатації від поїзної роботи.....	56
2.7. Визначення ймовірнісних характеристик тонального рейкового кола .	58
2.8. Висновки по розділу	69
3. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТОНАЛЬНОГО РЕЙКОВОГО КОЛА	

3.1.	Розробка та наукове обґрунтування методу автоматизованого визначення опору баласту	71
3.2.	Розробка та наукове обґрунтування методу автоматизованого визначення кодового струму	78
3.3.	Вплив параметрів кабельної лінії на роботу тонального рейкового кола. Розробка та наукове обґрунтування методу автоматизованого визначення параметрів кабельних та рейкової ліній.....	82
3.4.	Прогнозування стану відповідальних елементів	95
3.5.	Розробка та наукове обґрунтування методу автоматизованого визначення вхідного опору колійного приймача	105
3.6.	Технологічні карти при використанні автоматизованих вимірів	108
3.6.1.	Технологічна карта № 36.....	108
3.6.2.	Технологічна карта № 37.....	111
3.6.3.	Технологічна карта № 40.....	112
3.6.4.	Технологічна карта № 58.....	113
3.7.	Висновки по розділу	114
4.	СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ	
4.1.	Алгоритм і принцип роботи пристрою контролю й діагностування...	116
4.2.	Алгоритм перевірки електричних параметрів рейкового кола	119
4.3.	Послідовність дій пристрою контролю в залежності від розташування рухомого складу	121
4.4.	Перелік дій при перериванні виконання алгоритму роботи.....	123
4.5.	Висновки по розділу	125
5.	ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ	
5.1.	Обґрунтування впровадження удосконаленого техобслуговування ...	127

5.2. Характеристики автоматизованого комплексу та визначення його вартості	130
5.3. Визначення експлуатаційних витрат на автоматизований вимірювальний комплекс	131
5.4. Розрахунок експлуатаційних витрат на удосконалену технологію з використанням автоматизованого комплексу	133
5.5. Висновки до розділу	134
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	137
Додаток А. Акт використання результатів кандидатської дисертації	

ВСТУП

Актуальність теми. Для забезпечення надійної роботи систем регулювання рухом поїздів існуюча технологія обслуговування рейкових кіл передбачає періодичний контроль їх параметрів в процесі експлуатації, що пов'язаний з виходом обслуговуючого персоналу на блок-дільниці та проведенням вимірів в ручному режимі, що пов'язана із значними часовими та експлуатаційними витратами, включає велику кількість ручних операцій. Визначення опору ізоляції баласту можливе тільки для рейкових кіл (РК) довжиною 300 м та більше, не враховуючи велику кількість тональних рейкових кіл (ТРК) з меншою довжиною, на частоті, що відрізняється від частоти сигнального струму. Опір ізоляції кабельної лінії, що доволі розповсюджена при центральному розміщенні апаратури, визначають тільки при відключенні апаратури від рейкової лінії, незважаючи на урахування в розрахунках опору жил кабельної лінії та ємності її ізоляції. Визначення кодового струму при відсутності ізолюючих стиків (ІС) не передбачене взагалі. Існуюча технологія обслуговування рейкових кіл не має змоги реалізувати контроль завчасного виходу електричного параметра за припустимі межі. Періодичний контроль електричних параметрів тонального рейкового кола не враховує розвиток та можливість комп'ютерних систем на базі мікропроцесорної техніки, а застосування дорогих релейно-контактних пристроїв та схем контролю не дає можливості оптимально використати кошти, що призначені на розвиток методів та засобів залізничної автоматики. Недоліки існуючої технології обслуговування тональних рейкових кіл значною мірою впливають на експлуатаційну роботу дільниць з прискореним та швидкісним рухом. Таким чином, удосконалення технології обслуговування тональних рейкових кіл шляхом автоматизації контролю їх параметрів є важливою науково-практичною 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 планом виконання науково-дослідної роботи «Розробка та наукове обґрунтування технічних рішень по підвищенню безпеки руху на швидкісних магістралях шляхом автоматизації контролю та діагностування рейкових кіл» у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені В.Лазаряна (ДНУТ) на 2009 рік (номер державної реєстрації 0108U003066) розділи 1.2-1.3, 2, 3, 4.3-4.4, 5 виконані автором у якості виконавця.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технічного обслуговування тональних рейкових кіл 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;
- розробити діагностичну модель зміни режимів роботи ТРК під дією внутрішніх та зовнішніх факторів в залежності від технічного стану рейкового кола та визначити ймовірнісні параметри переходів між станами системи;
- визначити щільності розподілу напруг та струмів на релейному та живильному кінцях тональних рейкових кіл в нормальному та шунтовому режимах в процесі їх експлуатації та встановити ймовірнісні характеристики виконання режимів роботи ТРК;
- вдосконалити математичну модель ТРК нормального та шунтового режимів при наближенні та проходженні поїзду через РК для врахування електричних процесів при одночасному протіканні в системі сигнального струму і струму локомотивної сигналізації;
- вдосконалити математичну модель ТРК для врахування впливу зовнішніх факторів на довжину зони додаткового шунтування;
- розробити алгоритми автоматичної обробки результатів вимірювань контрольних параметрів для визначення технічного стану ТРК;
- розробити методи та засоби безперервного автоматизованого контролю та діагностування тональних рейкових кіл з можливістю прогнозування передвідмовних станів;

- розробити дослідний зразок автоматизованого апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів тональних рейкових кіл;
- розробити пропозиції по удосконаленню технічного обслуговування ТРК при використанні розробленого комп'ютерного контролюючого комплексу;
- провести техніко-економічне обґрунтування розробки.

Об'єкт дослідження – процес обслуговування тональних рейкових кіл та контроль їх параметрів.

Предмет дослідження – методи та засоби контролю технології обслуговування тональних рейкових кіл.

Методи досліджень. Результати дисертації отримані за допомогою методів математичного моделювання, числових методів, перетворення Фур'є, статистичного аналізу, моделювання з використанням апарату нечіткої логіки та штучних нейронних мереж: математичне моделювання використане з метою створення математичних моделей електричних процесів в ТРК; числові методи використані для математичного опису взаємних залежностей електричних сигналів тонального рейкового кола в різних режимах роботи; перетворення Фур'є використано для визначення діючого значення змінної напруги несучої та бокових частот сигнального і кодового струмів в процесі проведення аналізу результатів вимірів; методи статистичного аналізу використані для обґрунтування можливості вирішення задачі удосконалення технічного обслуговування рейкових кіл шляхом впровадження системи автоматизованих методів контролю їх параметрів; апарат нечіткої логіки використаний для створення ймовірнісної системи діагностування тональних рейкових кіл та визначення граничних величин контролю завчасного виходу електричних параметрів за допустимі межі; апарат штучних нейронних мереж використаний для побудови системи контролю колійного приймача.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку існуючих та розробці нових моделей та методів аналізу технічного стану ТРК, встановленні залежностей між їх параметрами та внутрішніми та зовнішніми факторами, що впливають на їх роботу, на основі яких проведено наукове обґрунтованих мето-

дів, що удосконалюють технологію обслуговування тональних рейкових кіл шляхом автоматизації контролю їх параметрів, а саме:

вперше розроблено діагностичну модель режимів роботи ТРК, на котру впливають внутрішні та зовнішні фактори, в залежності від технічного стану рейкового кола та визначено ймовірнісні параметри переходів між станами системи, що дозволило скласти формальну процедуру пошуку несправностей ТРК;

вперше визначено щільності розподілу напруг і струмів на релейному та живильному кінцях тональних рейкових кіл в нормальному й шунтовому режимах в процесі їх експлуатації та встановлені ймовірнісні характеристики виконання режимів роботи ТРК, що дозволило розробити систему автоматизованого контролю технічного стану рейкових кіл з можливістю прогнозування передвідмовних станів;

вдосконалено математичну модель ТРК нормального і шунтового режимів при наближенні та проходженні поїзду через РК, що відрізняється від існуючих врахуванням електричних процесів при одночасному проходженні в системі сигнального струму і струму локомотивної сигналізації, що дало можливість розробити метод визначення первинних параметрів рейкової та кабельної лінії;

вдосконалено математичну модель ТРК, яка відрізняється від існуючих врахуванням впливу зовнішніх факторів на довжину зони додаткового шунтування, що дало можливість розробити метод контролю параметрів струму локомотивної сигналізації і дистанційного визначення з поста централізації швидкості та положення поїзду на рейковій лінії.

Достовірність одержаних результатів, висновків та рекомендацій обумовлена експериментальними дослідженнями та коректним застосуванням законів електротехніки і математичних методів. Адекватність побудованих математичних моделей та достовірність отриманих на їх основі нових наукових результатів обумовлена задовільним співпадінням отриманих методів з результатами експериментальних досліджень, проведених автором роботи а також та опублікованими літературними даними.

Практичне значення одержаних результатів.

Здобуті в дисертації наукові результати дозволили розробити метод автоматичного контролю технічного стану тональних рейкових, який може бути використаний в системах автоматичного блокування, електричної централізації, гіркової централізації, диспетчерського керування та ін. Результати наукових досліджень, проведених в роботі, дозволили:

- розробити та виготовити автоматизований апаратно-програмний комплекс безперервного контролю і діагностування тональних рейкових кіл що дозволяє контролювати 10 електричних параметрів рейкових кіл;
- вдосконалити технологію обслуговування тональних рейкових кіл, завдяки чому зменшуються поточні експлуатаційні витрати та підвищується ефективність технічного обслуговування систем залізничної автоматики.

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

Економічний ефект від впровадження системи автоматизованого контролю стану тональних рейкових кіл для однієї дистанції сигналізації та зв’язку складає 1149,88 грн. за 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 з його участю. Обробка отриманого матеріалу, 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 [1-14]. В роботах, що опубліковані у співавторстві, дисертанту належать: визначення факторів, які слід враховувати під час вибору діагностичних параметрів [1]; при-

ведення та обробка статистичних даних по відмовах пристроїв автоматики[2], наукове обґрунтування вибраних діагностичних параметрів [1]; проведення аналізу технічних перевірок електричних параметрів тональних рейкових кіл [2], що виконуються під час періодичного контролю пристроїв залізничної автоматики на станції та перегоні, на основі проведеного аналізу запропоновано математичні моделі [4-9] функціонування та структурну схему автоматизованого пристрою контролю основних та додаткових параметрів тонального рейкового кола [1], що дозволяє проводити виміри без закриття руху [5-9, 10, 12-14] по блок-дільницям або відповідним коліям; логічна організація завчасного контролю відмовних станів; аналіз спектрального складу [3] сигнального струму в справному стані рейкових кіл; проведення експериментальних вимірювань для визначення відповідних електричних параметрів в різних станах тональних рейкових кіл [12, 13]; розроблена структура системи діагностики і контролю стану тональних рейкових кіл в комплексі [10] , а також проведено розрахунок економії часу обслуговуючим персоналом при її використанні; виконано математичний опис ймовірностей станів та параметрів системи діагностування[1, 10].

Апробація результатів дисертації.

Основні результати досліджень доповідалися і були схвалені на:

- Міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2008).
- II Міжнародній науково-практичній конференції «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті (ЕМС-R 2010)» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2010).

В повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена на між кафедральному науковому семінарі кафедр «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», «Автоматизований електропривод», «Електропостачання залізниць», «Електрорухомий склад», «Локомотиви», «Станції та вузли», «Управління експлуатаційною роботою», «Фізика» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 21.06.2011 р.

Публікації.

За результатами досліджень опубліковано 6 основних та 8 додаткових наукових праць: 4 – у наукових журналах і збірниках наукових праць, рекомендованих ВАК України за фахом 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту, і 5 патенти; 5 – у матеріалах і тезах міжнародних конференцій та симпозіумів.