

На правах рукопису

УДОВІКОВ Олександр Олександрович

УДК 656.259.12:621.317

**АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РЕЙКОВИХ КІЛ
НА БАЗІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВАГОНІВ-ЛАБОРАТОРІЙ**

05.22.08 — експлуатація залізничного транспорту

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук



00755724 (U)

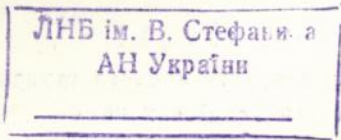
на кафедрі „Автоматика і телемеханіка“ Харківської державної академії залізничного транспорту.

- Науковий керівник — кандидат технічних наук, доцент М. Г. Варбанець.
- Науковий консультант — доктор технічних наук, професор В. Ф. Кабаненко.
- Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Г. І. Загарій; кандидат технічних наук, доцент О. П. Разгонов.

Провідне підприємство — Південна залізниця.

Захист відбудеться „28“ вересня 1995 р. о 13 год. ^{суд} 1.419
на засіданні спеціалізованої Ради по присудженню вчених ступенів Ф.О.15.01 при Харківській державній академії залізничного транспорту за адресою: 310050, м.Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці академії. Відгуки на автореферат просимо направляти на адресу спеціалізованої Ради академії.



Автореферат розіслано „14“ листопада 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради к. т. н., доцент

П. О. Яновський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Одна з визначних умов безперервної роботи залізничного транспорту полягає в надійному функціонуванні систем сигналізації, централізації і блокування /СЦБ/. По мірі зростання швидкостей руху, інтенсифікації поїздової і маневрової роботи та ускладнення процесів керування відбувалося безперервне вдосконалення систем СЦБ. Разом з тим, їх надійність до теперешнього часу залишається незадовільною.

Підвищення надійності систем СЦБ забезпечується двома шляхами: створенням нових систем, які мають потрібні характеристики, та вдосконаленням методів і засобів їх технічного обслуговування. В сучасних умовах, коли масова модернізація діючого комплексу залізничної автоматики з економічних причин проблематична, більш доцільним є другий шлях забезпечення надійного функціонування систем СЦБ.

Проведений аналіз показав, що процес вдосконалення систем охопив в основному їх верхній рівень, в той час, як базові елементи - датчики та виконавчі пристрої - за останні 30 - 40 років не зазнали істотних змін. Разом з тим, багаторічний досвід експлуатації свідчить, що якраз датчики та виконавчі пристрої є найменш надійними елементами систем СЦБ: відносна доля їх відмов складає від 50 до 70 %, з яких більш ніж половина відноситься до рейкових кіл /РК/. В зв'язку з цим, підвищення надійності РК є визначною умовою нормального функціонування усього комплексу залізничної автоматики.

В системі міроприємств по забезпеченню надійності РК найбільш важливими є роботи, що пов'язані з оцінкою їх працездатності. В процесі експлуатації ця оцінка здійснюється за допомогою показників, які визначаються в результаті вимірювань. В теперешній час відомо багато методів вимірювання параметрів РК, створено і експлуатується значна кількість спеціалізованих технічних засобів. Однак, багато теоретичних і практичних питань вимірювань в РК залишаються невирішеними.

Зокрема, недостатньо обґрунтовано вимоги до точності вимірювання параметрів, практично відсутній метрологічний аналіз застосовуваних методів і засобів, не досліджено питання досто-

вірності та повноти контролю працездатності РК. Технічні засоби вимірювань, які застосовуються в умовах експлуатації, в більшості випадків мають недостатню точність і не забезпечують високої продуктивності контролю.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення продуктивності і точності вимірювань, розробка більш досконалих технічних засобів мають актуальне значення для вирішення проблеми підвищення надійності РК.

Мета дисертаційної роботи полягає у підвищенні ефективності системи контролю працездатності РК на основі створення і використання більш досконалих методів і засобів вимірювання їх параметрів.

Основні задачі дослідження:

- аналіз існуючої системи контролю працездатності РК та визначення шляхів підвищення її ефективності;
- аналіз вимог до точності і продуктивності вимірювання параметрів РК;
- дослідження метрологічних характеристик застосовуваних методів і засобів вимірювань;
- дослідження шляхів підвищення точності вимірювань та розробка більш досконалих методів, які забезпечують необхідну повноту, достовірність і продуктивність контролю;
- розробка технічних засобів автоматизованих вимірювань і алгоритмів обробки вимірювальної інформації;
- оцінка ефективності запропонованих методів і засобів автоматизованого контролю.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що:

- виконано обґрунтування точності вимірювання параметрів РК, яка необхідна для достовірної оцінки їх працездатності;
- досліджено імовірнісні характеристики параметрів РК, що впливають на точність вимірювань;
- встановлено закони розподілу похибок вимірювання, що виникають при використанні відомих методів та засобів;
- запропоновано нові методи автоматизованого вимірювання параметрів РК та досліджено їх метрологічні характеристики;
- запропоновано практичні алгоритми обробки вимірювальної інформації для реалізації в мобільних вимірювально-обчислювальних комплексах вагонів-лабораторій.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених задач в роботі використовувалися методи і математичний апарат теорії електричних кіл, теорії імовірностей, функціонального аналізу, загальної теорії вимірювань, а також чисельні методи обчислювальної математики.

Практична цінність роботи полягає в тому, що одержані результати дозволяють підвищити точність і продуктивність вимірювань в РК та використовувати інформацію про значення їх параметрів для об'єктивної і достовірної оцінки працездатності. На підставі результатів дослідження розроблено технічні засоби і програму забезпечення автоматизованої системи контролю РК, яку реалізовано на базі вагону-лабораторії. Випробування та експлуатація запропонованих методів і пристроїв показали їх високу ефективність, що підтвердило достовірність теоретичних положень дисертації.

Реалізація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи впроваджено у вагоні-лабораторії автоматики, телемеханіки і радіозв'язку Південної залізниці, а також в службі СЦБ Управління залізничного транспорту комбіната "Запоріжсталь". Нова технологія контролю працездатності РК забезпечує економію приведених експлуатаційних витрат на 42 % і дозволяє підвищити достовірність, повноту і продуктивність контролю при зниженні його вартості і спрощенні технічної реалізації. Завдяки автоматизації контролю в умовах, пов'язаних з рухом поїздів, підвищуються безпека і культура праці обслуговуючого персоналу.

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідалися і обговорювалися на:

- міжнародній конференції "Представлення, обробка і передача інформації" /Сочі - Харків, 1992/;
- республіканській школі-семінарі "Мікропроцесорні системи зв'язку і керування на залізничному транспорті" /Алушта, 1992/;
- міжнародній Юбілейній конференції Бел ІІЗТ "Проблеми підвищення стійкості роботи транспортного комплексу і його кадрового забезпечення в умовах ринку" /Гомель, 1993/;
- 50-й - 55-й науково-технічних конференціях Харківського інституту інженерів залізничного транспорту /Харків, 1988 - 93/.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 10 друкованих робіт, з них 2 - авторські свідоцтва на винаходи.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літератури з 84 найменувань і семи додатків. Робота викладена на 130 сторінках основного тексту, містить 10 таблиць, 26 ілюстрацій та 41 сторінку додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі дисертації виконано аналіз ефективності існуючої системи контролю працездатності РК і обґрунтовано необхідність в створенні більш досконаліх методів вимірювання їх параметрів.

Головними показниками працездатності РК при існуючій системі контролю е.напруга на вході колійного приймача в нормальному режимі, шунтова цупливість та питомий опір ізоляції рейкової лінії /РЛ/. В зв'язку з тим, що вимірювання мають ручний характер, середні витрати часу на операції контролю досягають 40 % від загального часу технічного обслуговування РК. Оскільки при цьому працездатність РК контролюється тільки в двох режимах роботи - нормальному і шунтовому, - загальна достовірність одержуваних результатів не перевищує 64 %.

З метою підвищення ефективності контролю запропоновано оцінювати працездатність РК за допомогою розрахункових показників, які виражають значення напруг сигналу на вході колійного приймача у трьох основних режимах роботи і визначаються за результатами автоматизованного вимірювання необхідних параметрів: ЕДС E і внутрішнього опору Z_T еквівалентного генератора живлючого кінця, питомого опору рейок Z_p і ізоляції \tilde{N}_{i3} РЛ, а також коефіцієнта зниження напруги $K_{нк}$ і входного опору Z_K чотирьох-полюсника релейного кінця. Припустимі відносні похибки δ_{np} вимірювання окремих параметрів S_i знаходяться з урахуванням умов забезпечення потрібної точності визначення показників працездатності. При цьому

$$\delta_{np} = \Delta U_{np} / \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial u}{\partial S_i} \right| S_{oi}, \quad / 1 /$$

де ΔU_{np} - припустима похибка вимірювання напруги на вході колійного приймача;

S_{oi} - номінальне значення i -го параметру;

n - кількість параметрів.

Одержане в результаті розрахунків значення $\delta_{np} = 0,05$ покладено в основу подальшого аналізу відомих методів і засобів вимірювання параметрів РК. При цьому встановлено, що найбільш точні класичні методи не забезпечують можливості автоматизації контролю, оскільки потребують створення спеціальних умов для вимірювання /відключення приладів РК, зняття напруги з контактної мережі/, а методи і засоби широкого застосування являються спрощеними і не дозволяють визначати всі необхідні параметри РК.

Найбільш зручними для автоматизованого контролю працездатності є методи вимірювань, які передбачають використання апаратури вагонів-лабораторій. В зв'язку з цим у роботі виконано дослідження відомих методів визначення питомого опору ізоляції РЛ, які розроблено в Уральському відділенні ВНДІЗТ/УВ ВНДІЗТ/ і в дорожній лабораторії Південно-західної залізниці.

Проведений аналіз показав, що для оцінки точності вказаних методів доцільно використовувати статистичне моделювання. Для цього були досліджені похибки вимірювання зовнішніх параметрів - ординати РЛ і амплитуди струму автоматичної локомотивної сигналізації /АЛС/, а також імовірнісні характеристики параметрів, що не контролюються - питомого опору рейок і внутрішнього опору еквівалентного генератора. При дослідженні похибок, як базова використовувалася класична модель, згідно до якої РК являє лінійну квазістаціонарну статичну систему, що з достатньою для практичних випадків точністю відбиває її реальні характеристики.

На підставі результатів моделювання встановлено, що імовірність перевищення припустимої похибки при використанні відомих методів непрямого вимірювання параметрів РК із вагону-лабораторії складає не більш 25 %, а закони розподілу похибок є асиметричними і не мають кінечної дисперсії. Це пояснюється наявністю значних похибок вимірювання зовнішніх параметрів, а також неповною адекватністю використовуваних рівнянь вимірювання та сутте-

вими відхиленнями значень параметрів, що не контролюються, від номінальних.

Найбільш загальна причина недосконалості відомих методів вимірювань полягає в тому, що в межах діючої технології контролю РК кожний параметр розглядається окремо, без тісного зв'язку з кінцевою метою вимірювань - одержанням загальної оцінки працездатності. Застосування системного підходу дозволяє звести процедуру контролю працездатності РК до вирішення стандартної задачі ретроспективної параметричної ідентифікації об'єкту, яка відома в метрології як задача сумісних вимірювань. При цьому рівняння вимірювань містить $n > 1$ параметрів, що контролюються, для знаходження яких необхідно вирішити систему з $m \geq n$ рівнянь, складенної за результатами вимірювання m реалізацій зовнішніх параметрів.

Другий розділ дисертації присвячено розробці методів автоматизованого вимірювання параметрів РК і дослідженню їх метрологічних характеристик.

Сумісні вимірювання, порівняльно з непрямыми, характеризуються значним обсягом і складністю однотипних обчислень, в зв'язку з чим їх практична реалізація найбільш доцільна у спеціалізованих вимірювально-обчислювальних комплексах /ВОК/. В залежності від призначення і варіанту розміщення ці комплекси можуть бути стаціонарними /контроль станційних РК/ та мобільними /контроль перегонних РК із вагонів-лабораторій/.

Аналіз прийнятої математичної моделі РК дозволив встановити, що внаслідок незначних розбіжностей структур об'єкту в різних режимах роботи мається можливість одержання загальної оцінки працездатності при здійсненні контролю в любому з режимів, вибір якого визначається зручністю вимірювань.

В умовах стаціонарних ВОК необхідні вимірювання доцільно виконувати в нормальному режимі роботи РК. Стосовно до цього, на основі загальної та основної схем заміщення РК запропоновано два варіанти методу вимірювання, при яких потрібні параметри визначаються в процесі вирішування системи рівнянь, що складаються за результатами ряду вимірювань вхідних та вихідних напруг при варіації навантаження, підключеного до виходу РК. Однак, практична реалізація даного методу в теперешній час про-

блематична, оскільки принципи побудови і елементна база сучасних станційних систем СЦБ ускладнюють підключення додаткових пристроїв контрольно-вимірального призначення. Аналіз показав, що застосування стаціонарних ВОК є найбільш реальним у складі перспективних систем мікропроцесорної централізації. В зв'язку з цим головна увага в дисертації приділяється методам і засобам вимірювань, що здійснюються на базі мобільних ВОК вагонів-лабораторій.

В умовах вимірювань з рухомої одиниці як зовнішні параметри можуть застосовуватися ордината X РЛ, модуль I та аргумент φ_x струму АЛС. При аналізі математичної моделі РК у режимі АЛС обґрунтовано принципову можливість побудови двох методів вимірювання її параметрів. Перший метод - амплітудно-ординатний, базується на вирішенні системи рівнянь виду

$$I_i(x_i) = |E / [\sqrt{Z_p r_{i3}} \operatorname{sh} x_i \sqrt{Z_p / r_{i3}} + Z_r \operatorname{ch} x_i \sqrt{Z_p / r_{i3}}]|, \quad / 2 /$$

яка складається за результатами ряду вимірювань зовнішніх параметрів I_i та x_i . Другий метод - фазово-ординатний, при якому рівняння системи, що вирішується, мають вигляд

$$\varphi_{I_i}(x_i) = -\arg \{ \sqrt{Z_p r_{i3}} \operatorname{sh} x_i \sqrt{Z_p / r_{i3}} + Z_r \operatorname{ch} x_i \sqrt{Z_p / r_{i3}} \} \quad / 3 /$$

і складаються на підставі вимірювання ряду значень φ_{I_i} та x_i .

В зв'язку з тим, що рівняння / 2 / і / 3 / є трансцендентними і містять комплексні параметри, які не виводяться у явному вигляді, для вирішення відповідних систем необхідно використовувати чисельні методи. Аналіз показав, що в данному випадку найбільше підходять прямі методи багатомірної мінімізації, при яких вектор-рішення $\vec{S} (S_1, S_2, \dots, S_n)$ системи з m рівнянь визначається за умовою

$$\min_{\vec{S}} \sum_{i=1}^m \varepsilon_i, \quad / 4 /$$

де ε_i - нев'язка i -го рівняння системи, яка одержується при підстановці у це рівняння компонентів вектора-рішення та \vec{i} - ії реалізації вектора зовнішніх параметрів.

Дослідження форми поверхней, які описуються функціями нев'язок $\varphi(\varepsilon) = \sum \varepsilon_i$ для рівнянь / 2 / і / 3 /, показало, що ці функції мають вигнутий рельєф у вигляді яру з суттєво різною крутизою схилів, що свідчить про погану обумовленість відповідних систем рівнянь. В зв'язку з цим, практичний алгоритм мінімізації побудовано на базі методу конфігурацій із змінним кроком, що дозволяє автоматично коректувати траєкторію зниження при складних формах поверхней. Сходимість рішення забезпечується рівномірним вибором реалізацій вектора зовнішніх параметрів з інтервалу його значень, а також обмеження області зміни параметрів, що контролюються, межами фізичного реалізування РК.

Дослідження метрологічних характеристик, виконане за допомогою статистичного моделювання, показало, що запропоновані методи дозволяють одержувати значно вищу достовірність результатів, ніж відомі методи непрямих вимірювань. Так, при знаходженні питомого опору ізоляції фазово-ординатним методом, імовірність неперевикнення припустимої похибки забезпечується на рівні 50 - 80 %, що в середньому на 30 % краще, ніж для методів УВ ВНДІЗТ та Південно-західної залізниці.

При порівняльному аналізі встановлено, що фазово-ординатний метод характеризується більш високою точністю, ніж амплітудно-ординатний. Це обумовлено тим, що похибка вимірювання фазових співвідношень практично не залежить від механічних коливань індукційних магнітоприймачів струму АДС під час руху, на відміну від похибки вимірювання амплітуди. Разом з тим, даний метод не забезпечує визначення ЕДС еквівалентного генератору із-за відсутності впливу даного параметру на аргумент виразу / 3 /. Тому в дисертації запропоновано процедуру вимірювань, яка базується на комбінованому використанні обох розроблених методів. При цьому на першому етапі для знаходження внутрішнього опору генератору та первинних параметрів РЛ застосовується фазово-ординатний метод, а на другому етапі отримані значення підставляються в рівняння / 2 / і відбувається обчислення ЕДС генератора шляхом усереднення по всім виміреном реалізаціям I_i та X_i .

Статистичне моделювання показало, що при застосуванні запропонованої вимірювальної процедури імовірність неперевикнення припустимої похибки визначення показника працездатності РК зна-

ходиться в межах від 45 до 60 %, тобто менше, ніж при діючій технології контролю, яка використовує прямі вимірювання. Одна з причин недостатньої точності полягає в присутності методичної похибки, обумовленої тим, що при використанні мобільних ВОК неможливо контролювати вхідний опір чотирьохполюсника релейного кінця РК. Друга причина пов'язана із значними інструментальними похибками вимірювання зовнішніх параметрів.

Проведений аналіз показав, що зменшення вказаних похибок і забезпечення необхідної достовірності контролю можливо на базі надмірних вимірювань з застосуванням спеціалізованих методів статистичної обробки.

Третій розділ дисертації присвячено дослідженню алгоритмів статистичної обробки вимірювальної інформації стосовно до запропонованих методів автоматизованого контролю параметрів РК.

На підставі аналізу похибок автоматизованих вимірювань з вагону-лабораторії встановлено, що для статистичної обробки результатів доцільно використовувати робастні процедури, засновані на вирішенні надмірних систем рівнянь методом багатомірної мінімізації, які передбачають повне виключення аномальних реалізацій зовнішніх параметрів. Надмірність вихідної системи запропоновано встановлювати з урахуванням значення імовірності P_g неперевиконання припустимих похибок вимірювання зовнішніх параметрів, яка визначається за умовами забезпечення достовірної оцінки працездатності РК. При цьому кількість надмірних рівнянь знаходиться за допомогою виразу

$$k \geq \text{int} \{ n_0 (1 - P_g) / P_g \}, \quad / 5 /$$

де n_0 - мінімальна кількість рівнянь залишкової системи.

Для визначення аномальності конкретної реалізації запропоновано використовувати залишкові значення функцій нев'язок частинних систем, які є комбінаціями рівнянь вихідної системи. Стосовно до систем з різним ступенем надмірності, запропоновано два варіанти алгоритму статистичної обробки, які різняться способами складання частинних систем за умовою мінімального часу обчислень.

Для систем з незначною надмірністю призначено перший варіант алгоритма, який передбачує почергове виключення аномальних реалізацій в кожному циклі обробки. При цьому із вихідної системи, що містить m рівнянь, складається m частинних систем по $m-1$ рівнянню, кожна з яких вирішується окремо. Для одної з цих систем, яка не містить рівняння з найбільш аномальною реалізацією, залишкове значення функції нев'язок буде найменшим, що дозволяє виключити дану реалізацію з подальшого розгляду. Наступні цини обробки будуються аналогічно і продовжуються до повного виключення заданої кількості аномальних реалізацій, яка визначається надмірністю вихідної системи. Вектор-рішення \vec{z} , одержаний в останньому циклі обробки, приймається як остаточне.

Для систем із значною надмірністю більш економічним за часом є другий варіант алгоритма, який передбачає одноразове виключення всіх аномальних реалізацій. Для цього з вихідної системи, що містить m рівнянь, складається $C_m^{n_0}$ частинних систем по n_0 рівнянь, кожна з яких вирішується окремо, а остаточний вектор-рішення визначається за умовою

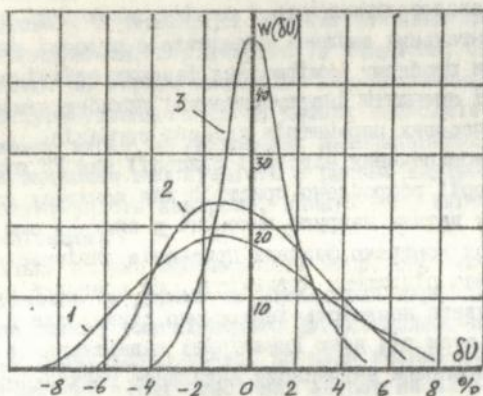
$$\min_{C_m^{n_0}} \min_{\vec{z}} \sum_{i=1}^{n_0} \varepsilon_i \quad / 6 /$$

Порівняльне дослідження різних варіантів вирішення систем рівнянь, виконане за допомогою статистичного моделювання, показало, що запропонований алгоритм забезпечує суттєве підвищення точності сумісних вимірювань. На малюнку наведено графіки щільностей розподілу похибок обчислення напруги на вході колійного приймача: 1 - при вирішенні ненадмірної системи з $m = n = 3$; 2 - при безпосередньому вирішенні надмірної системи з $m = 9$; 3 - при застосуванні робастного алгоритму з $n_0 = 4$ і $m = 9$.

Дослідженням встановлено, що безпосереднє вирішення надмірної системи рівнянь дозволяє підвищити точність вимірювань тільки при великих затуханнях РЛ, а для значень $\mu_{13} > 1$ Ом*км застосування такого варіанту обробки малоефективно. Разом з тим, вирішення системи з тією ж надмірністю, але з використанням робастного алгоритму, забезпечує імовірність неперевищення припустимої похибки на рівні 0,8 - 0,9 в широкому діапазоні затухань.

При цьому достовірність контролю складає 77 %, що на 13 % вище, чим при діючій технології.

Одержані результати дозволяють зробити висновок про достатньо високу ефективність запропонованої вимірвальної процедури і дати підстави для її практичного застосування з метою контролю працездатності РК на етапі експлуатації.



В четвертому розділі дисертації розглянуто питання технічної реалізації автоматизованого контролю РК, а також одержано оцінки ефективності запропонованих методів вимірювань і наведено результати їх експлуатаційних випробувань.

В тепершній час найбільш досконалим варіантом мобільного ВОК є система "Контроль", яка виробляється серійно і якою обладнано більшість вагонів-лабораторій. Аналіз вимог до складу і функцій мобільних ВОК показав, що для отримання комплексної оцінки працездатності РК на базі існуючої системи потрібна істотна модернізація її інформаційного і програмного забезпечення, а також вдосконалення технічних засобів вимірювань.

Низька заводозахисність існуючих магнітоприймачів струму АЛС не забезпечує реалізації фазово-ординатного методу визначення параметрів РК, оскільки спотворення форми сигналу під дією

завад призводить до значної похибки вимірювання фазових співвідношень. Для усунення цього недоліку розроблено індукційний магнітоприймач, який складається з двох ідентичних елементів, виконаних з застосуванням симетричної намотки. Спосіб з'єднання елементів та їх взаємне розташування в екрануючому корпусі забезпечує подавлення синфазних завад, які обумовлені комутаційними процесами, впливом високовольних ліній та іншими причинами. Випробування і експлуатація розроблених магнітоприймачів показали їх високу заводозахисність і слабку залежність наведеної ЕДС від горизонтальних зміщень елементів в процесі руху, що дозволяє вирішити проблему вимірювання фазових співвідношень з рухомої одиниці і зменшити інструментальні похибки вимірювання амплітудних і часових параметрів кодових сигналів.

З метою забезпечення надійної фіксації меж РК під час руху вагону-лабораторії розроблено пристрій для контролю ізолюючих стиків, в якому датчик напруги виконано у вигляді емісійних пластин. За рахунок контролю фазових ознак вимірюваного сигналу пристрій має підвищену чутливість, що дозволяє не тільки надійно реєструвати наявність ізолюючого стика, але й визначати його технічний стан під дією динамічних навантажень в процесі руху вагону. Це сприяє завчасному виявленню пошкоджень ізоляції і запобіганню відмов автоблокування. Випробування і експлуатація запропонованого пристрою показали його працездатність і достатню заводозахисність, що дозволяє уникнути збоїв в роботі ВОК, пов'язаних з втратами вимірювальної інформації.

Запропоновані в дисертації методи, засоби і практичні алгоритми вимірювань були реалізовані в розробленій за замовленням Південної залізниці "Системі автоматизованої перевірки параметрів сигналів АЛСН і кодових РК з вагону-лабораторії", яка являє собою удосконалений варіант ВОК "Контроль".

Головними режимами роботи ВОК є режим вимірювань і довідково-інформаційний. В першому з них, який реалізується під час поїздки вагону-лабораторії, здійснюється циклічне вимірювання ординат РЛ, амплітудних, фазових і часових параметрів струму АЛС. При цьому забезпечується вивід оперативної інформації на дисплей, формування бази даних результатів вимірювань, а також документування попередніх результатів на друкуючій пристрої.

Довідково-інформаційний режим реалізується під час стоянки вагону-лабораторії, або в стаціонарних умовах, і призначений для розрахунку параметрів РК, визначення показників працездатності та документування остаткових результатів вимірювань. Обчислення виконуються на бортовій мікро-ЕОМ IBM PC AT/286, при цьому час розрахунку параметрів однієї РК не перевищує 10 хвилин і є практично припустимим.

Запропонована в дисертації система автоматизованого контролю РК характеризується, порівняльно із існуючою, більшою повнотою і достовірністю. Це сприяє зменшенню невиправданих витрат на додаткове обслуговування РК із-за хибних висновків про відмови, а також зниженню втрат, обумовлених невиявленими відмовами. Нова система виключає необхідність в ручних вимірюваннях, що підвищує продуктивність контролю, знижує його вартість і спрощує технічну реалізацію.

Інтегральна оцінка ефективності запропонованої системи контролю виконувалась за допомогою відносного вартісного показника, опержаного на основі узагальненого функціонально-статистичного критерію. При цьому встановлено, що нова технологія забезпечує економію приведених експлуатаційних витрат на 42 % порівняльно з діючою і є достатньо ефективною.

Експлуатаційні випробування, які проводилися в реальних умовах роботи вагону-лабораторії, показали, що запропоновані методи і технічні засоби забезпечують необхідну точність автоматизованих вимірювань параметрів РК. Одержані результати підтверджують достовірність теоретичних положень дисертації і свідчать про високу ефективність розробленої на їх підставі практичної технології контролю працездатності, яка сприяє підвищенню експлуатаційної надійності РК.

ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Встановлено, що при діючій технології контролю працездатності РК витрати часу на операції вимірювань досягають 40 % від загального часу технічного обслуговування, а достовірність одержуваних результатів не перевищує 64 %. Для підвищення ефективності контролю запропоновано оцінювати працездатність РК за допомогою розрахункових показників у вигляді значень напруг на вході колійного приймача в трьох основних режимах роботи.

2. Визначено необхідний перелік параметрів РК, які потрібно контролювати і встановлено, що для одержання достовірних оцінок працездатності, похибки їх вимірювання не повинні перевищувати 5 %. На підставі аналізу метрологічних характеристик відомих методів вимірювання параметрів РК показано, що найбільш реальний шлях підвищення точності полягає у переході від непрямих вимірювань до сумісних з використанням технічних засобів вагонів-лабораторій.

3. Обґрунтовано можливість одержання загальної оцінки працездатності РК при здійсненні контролю в будь-якому з режимів роботи. Стосовно до умов вагону-лабораторії запропоновано амплітудно-ординатний і фазово-ординатний методи вимірювань, при яких необхідні параметри РК визначаються в процесі вирішення систем рівнянь, що складаються за результатами ряду вимірювань модуля або аргумента струму АДС при варіації ординати РЛ.

4. Встановлено, що найбільша точність вимірювань досягається при сумісному використанні розроблених методів, коли на першому етапі, для знаходження внутрішнього опору генератора і первинних параметрів РЛ застосовується фазово-ординатний метод, а на другому етапі, з урахуванням одержаних значень, визначається ЕДС генератору за допомогою амплітудно-ординатного методу.

5. Розроблено робастний алгоритм вирішення надмірних систем рівнянь методом мінімізації, який реалізує процедуру виключення аномальних реалізацій зовнішніх параметрів шляхом порівняння залишкових значень функцій нев'язок частинних систем, що утворюються різними комбінаціями рівнянь вихідної системи. Надмірність вихідної системи запропоновано встановлювати з використанням імовірностей неперевикнення припустимих похибок вимірювання зовнішніх параметрів за умовами забезпечення достовірних оцінок працездатності РК.

6. Розроблені методи вимірювання параметрів РК, разом з запропонованим алгоритмом статистичної обробки, забезпечують неперевищення припустимої похибки визначення показника працездатності з імовірністю 80 - 90 % в широкому діапазоні затухань РЛ, що дозволяє підвищити достовірність контролю з 64 до 77 %.

7. Випробування і експлуатація розроблених індукційних магнітоприймачів струму АМС та пристрою контролю ізолюючих стиків показали їх високу заводо захищеність, що дозволяє зменшити інструментальні похибки вимірювання параметрів кодових сигналів і забезпечити надійну фіксацію меж Рк при одночасному контролі технічного стану стиків.

8. Розроблена технологія контролю працездатності РК забезпечує економію приведених експлуатаційних витрат на 42 % і дозволяє одержати більшу повноту, достовірність і продуктивність контролю при зниженні його вартості і спрощенні технічної реалізації. При новій технології забезпечується отримання додаткової інформації про параметри РК, яка необхідна для діагностування і аналізу якості технічного обслуговування. Автоматизація процесу контролю в умовах пов'язаних з рухом поїздів, підвищує безпеку і культуру праці обслуговуючого персоналу.

9. Позитивні результати випробувань і експлуатації запропонованих методів і засобів вимірювань підтверджують достовірність теоретичних положень дисертації і свідчать про високу ефективність розробленої на їх базі практичної технології вимірювань, яка сприяє підвищенню експлуатаційної надійності РК.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ
ОПУБЛІКОВАНО В ТАКИХ РОБОТАХ

1. Мороко Н.А., Пихур В.М., Удовиков А.А. Исследование статистического распределения проводимости изоляции железобетонных шпал / ХИИТ. - Харьков, 1987. - 13 с. - Деп. в ЦИДТИСИ МПС. - 19.10.87. - № 4089-87Деп.

2. Удовиков А.А. Автоматизация измерений параметров рельсовых цепей // Тез. докл. республ. школы-семинара "Микропроцессорные системы связи и управления на ж.-д. трансп." / Алушта, 1992/. - К.: Об-во "Знание" Украины, 1992. - С.13-14.

ЛНБ ім. В. Стефанишин
АН України

3. Варбанец Н.Г., Удовиков А.А., Кулик П.Д., Мороко Н.А. Повышение точности определения параметров рельсовых линий // Материалы междунар. конф. "Представление, обработка и передача информации" /Сочи, 1992/. - Сочи-Харьков: АНУ, ПАНИ, 1992. - С.16-20.

4. Удовиков А.А. Определение параметров рельсовых цепей по результатам измерения фазово-ординатной характеристики тока АЛС // Тез. докл. Юбилейн. науч.-методич. конф. / БелИИЖТ. - Гомель, 1993.

5. Удовиков А.А. Определение первичных параметров рельсовой линии из движущегося вагона-лаборатории // Межвуз. сб. науч. тр. / ХИИТ. - Вып. 23. - Харьков, 1993. - С. 62-64.

6. Мороко Н.А., Удовиков А.А. Определение статистических характеристик удельного сопротивления рельсов // Межвуз. сб. науч. тр. / ХИИТ. - Вып. 23. - Харьков, 1993. - С. 48-50.

7. Удовиков О.О. Аналіз вимог до точності вимірювання параметрів рейкових кіл // Тези доповідей 55 наук.-техн. конф. / ХІІТ. - Харків, 1993. - С. 51-52.

8. Удовиков О.О. Робастний алгоритм статистичної обробки даних при сумісних вимірюваннях // Тези доповідей 55 наук.-техн. конф. / ХІІТ. - Харків, 1993. - С. 50-51.

9. А.С. III4922 МКИ В61L 23/16. Устройство для измерения параметров рельсовой линии / В.П. Жох, Н.А. Мороко, А.А. Шипилов, А.Г. Чирва, С.В. Каменев, А.А. Удовиков / СССР/. - Заявл. 09.11.83. - № 3860515/27-II. - Опубл. 15.03.85. - Бюл. № 10.

10. А.С. F756193 МКИ В61L 25/06. Индуктивный датчик для автоматической локомотивной сигнализации / В.П. Жох, А.А. Удовиков, В.Ф. Кустов, О.В. Нейчев, Н.В. Романова / СССР/. - Заявл. 24.07.89. - № 4722914/II. - Опубл. 23.03.92. - Бюл. № 31.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РЕЙКОВИХ КІЛ
НА БАЗІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВАГОНІВ-ЛАБОРАТОРІЙ

УДОВІКОВ Олександр Олександрович

Підписано до друку 14/III-1995 р.
Формат паперу 60×84¹/₁₆. Папір для мн. ап.
Друк. офсетний. Умовн. друк. арк. 1,25. Уч.-вид. арк. 1,5.
Тираж 50 прим. Замовлення № 196 р.

Друк. ХарДАЗТ. 310050, м. Харків, м-н Фейербаха, 7.

AB 32.736

AB 32.736