

**Харківська державна академія
залізничного транспорту**

На правах рукопису

МОРОЗ Володимир Петрович

УДК 656.259.12

**НЕПЕРЕРВНІ КОЛІЙНІ ДАТЧИКИ СИСТЕМ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕМЕХАНІКИ
ДЛЯ ДІЛЯНОК З ПОНИЖЕНИМ ОПОРОМ ІЗОЛЯЦІЇ**

05.22.08- експлуатація залізничного транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1996

AB 35.939

Дисертація є рукопис. Робота виконана на кафедрі "Автоматика та телемеханіка" Харківської державної академії залізничного транспорту.

Науковий керівник - доктор технічних наук, академік

Соболев Юрій Володимирович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Кравцов Юрій Олександрович;

кандидат технічних наук, доцент

Арістов Віталій Олександрович.

Провідна установа - АТ "Інститут Харківський Промтранспроєкт".

Захист відбудеться "29" червня 1996 р., о "13" години

ауд. 1.414

на засіданні спеціалізованої ради Д 02.15.01 при Харківській державній академії залізничного транспорту за адресою:

Україна, 310050, м. Харків, пл. Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці академії.

Відгуки на автореферат просимо направляти на адресу спеціалізованої ради академії.

Автореферат розісланий "28" жовтня 1996 р.

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

П.О. Яновський

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00739713 (U)

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Ефективна та безперебійна робота залізничного транспорту в значній мірі визначається нормальним функціонуванням систем автоматики та телемеханіки.

Важливими елементами цих систем є неперервні колійні датчики (НКД), які забезпечують формування первинної інформації про стан контролюючих колійних ділянок. Вірогідність такої інформації дозволяє забезпечити безпеку та задані розміри руху, а отже, і ефективність автоматизації перевезень. У зв'язку з цим постійно ведуться роботи по їх удосконаленню. Значний вклад у розробку загальної теорії, методів аналізу та синтезу, а також практичного використання НКД внесли вчені А.М. Брілеев, М.Ф. Котляренко, Ю.О. Кравцов, Ю.В. Соболев, Б.М. Степенській, М.Ф. Пенкін, О.О. Таликов, А.П. Разгонов та інші.

Проте, незважаючи на великий обсяг теоретичних та прикладних досліджень, пов'язаних з підвищенням працездатності НКД, останні протягом багатьох років, особливо на ділянках з пониженим опором ізоляції, залишаються найменш надійними елементами систем залізничної автоматики та телемеханіки (ЗАТ). Це обумовлюється в основному двома причинами. Перша - пов'язана із складними умовами експлуатації - прямою дією кліматичних, техногенних та інших факторів. Друга - із специфікою структурних та алгоритмічних рішень, утілених у застосовуваних НКД. Внаслідок цього межі їх працездатності недостатні для реальних умов експлуатації.

Численні дослідження та розробки, які направлені на пошуки резервів працездатності НКД, базуються на класичній моделі рейкового кола у вигляді двопровідного каналу: джерело - рейкова лінія - колійний приймач. Аналіз такої моделі показує, що вона значно обмежує можливості синтезу принципово нових видів НКД. Тому виникає потреба у створенні узагаль-

ІНБ ім. В. Стефаніка
АН України

неного математичного опису НКД, яке б дозволило реалізувати формалізований підхід до синтезу НКД із заданими характеристиками в умовах неоднорідностей та пониженого опору ізоляції рейкової лінії.

Мета та задачі дисертації Метою роботи є розширення області працездатності НКД на ділянках з пониженим опором ізоляції шляхом синтезу їх структури та алгоритмів функціонування на основі узагальненої математичної моделі рейкової лінії.

У зв'язку з поставленою метою виникає необхідність вирішення таких задач:

- дослідження особливостей роботи НКД при пониженому опорі ізоляції;
- визначення шляхів підвищення працездатності НКД;
- аналіз існуючих математичних моделей НКД;
- розробка узагальненої математичної моделі рейкової лінії з точковими неоднорідностями;
- отримання методики та графової моделі синтезу структурних схем та алгоритмів функціонування НКД;
- дослідження області існування гірочного НКД для заданих умов експлуатації;
- розробка принципів побудови рейкових кіл для ділянок з низьким опором ізоляції;
- оцінка ефективності розроблених НКД.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених задач у роботі використовувалися методи та математичний апарат теорії електричних кіл, функціонального аналізу, операційного обчислювання та узагальнених функцій, а також методи обчислювальної математики.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

- розроблено узагальнену математичну модель рейкової лінії з точко-

вими неоднорідностями;

- запропоновано математичну модель рейкової лінії з розширеною підмножиною інформаційних параметрів;

- обґрунтовано доцільність використання рейкопровідних ліній для контролю стану колійних ділянок;

- запропоновані математичні рівняння, які описують розподілення електричних параметрів уздовж рейкової лінії в шунтовому та контрольному режимах;

- розроблено методику та графову модель синтезу НКД, розглянуто варіанти їх структур;

- досліджені особливості роботи та області існування гіркового НКД з підвищеною шунтовою чутливістю та при пониженому опорі ізоляції;

- запропоновані принципи побудови та визначені параметри рейкових кіл при низькому опорі ізоляції.

Практична цінність. Розроблено більш ефективний математичний апарат, який дозволяє проводити дослідження НКД при наявності точкових неоднорідностей. Отримані наукові результати дозволяють розробити структури НКД для ділянок з пониженим опором ізоляції та з високою шунтовою чутливістю.

Реалізація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи впроваджені на Белгородському заводі енергетичного машинобудування та включені в тематичний план ДПП "Харківський Промтранспроект". Проведено випробування пристроїв контролю заповнення колій сортувального парку на сортувальній гірці станції Красний Лиман Донецької залізниці, які показали високу ефективність їх роботи при пониженому опорі ізоляції.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Всесоюзній науково-практичній конференції "Проблеми підвищення надійності та безпеки технічних засобів

залізничного транспорту “ (м. Москва, червень 1988 р.), республіканських конференціях ”Мікропроцесорні системи зв'язку та управління на залізничному транспорті “ (м. Алушта, вересень 1990 р., 1993 р., 1994 р.) та “Перспективні системи керування на залізничному, промисловому, міському транспорті“ (м. Алушта, вересень 1995 р.), 49-57 науково-технічних конференціях кафедр ХарДАЗТу (ХПТУ) та спеціалістів залізничного транспорту (м. Харків, 1987-1995 рр.).

Публікації. З теми дисертації опубліковано 27 наукових праць, з них 15 авторських свідоцтв на винаходи. Результати досліджень також відображені у двох звітах по науково-дослідним роботам.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 127 аркушах машинописного тексту, складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літератури із 134 найменувань, містить 2 таблиці, 52 ілюстрації та 65 аркушів додатків.

Зміст роботи

У вступі обгрунтована актуальність теми досліджень, представлена загальна характеристика роботи, описана структура дисертації.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу відказів елементів систем ЗАТ та НКД, особливостям роботи та аналізу шляхів підвищення їх працездатності при пониженому опорі ізоляції.

Існуючі НКД мають низьку надійність. Так, по країнах СНД коефіцієнт їх відказів складає більше 60% , а по залізницях України перевищує 21% і є найбільш високим по відношенню до інших елементів автоматики та телемеханіки.

Відкази НКД через понижений опір ізоляції в цілому по Укрзалізничі складають більше 4%, а на деяких станціях промислового транспорту НКД взагалі не працюють. Відкази з цієї причини носять тривалий характер, що призводить до збоїв у русі і до значних затримок. Процеси, які сприяють

зниженню опору ізоляції, приводять до збільшення затухання сигналу в лінії, а також до додаткового затухання внаслідок неузгодження хвильового опору лінії з опором споживачів по її кінцях.

Проведений аналіз шляхів підвищення працездатності НКД свідчить, що в основному вони направлені на покращення роботи двопровідного каналу зв'язку: джерело - рейкова лінія - колійний приймач. Перевагою такого каналу є його відносна простота. Однак погіршення ізоляційних властивостей верхньої будови колії потребує вдосконалення існуючих НКД. Це приводить до їх ускладнення та незначного підвищення працездатності НКД, оскільки ці вдосконалення виконуються в рамках структури двопровідного каналу зв'язку, що і є обмеженням в отриманні працездатних структур НКД при зниженому опорі ізоляції.

Другий розділ дисертації присвячений розробці та дослідженню моделей рейкової лінії, котрі стали основою як для синтезу структур НКД, так і для побудови математичних моделей основних режимів їх роботи.

З цією метою виконано аналіз існуючих математичних моделей рейкової лінії. У результаті цього встановлено, що останні описують конкретний фізичний пристрій - безпосередньо лінію з навантаженнями по її кінцях. Запропонувати пристрій контролю її стану з розширеною підмножиною інформаційних параметрів на основі цих моделей не уявляється можливим.

У зв'язку з цим запропонована узагальнена математична модель рейкової лінії. Вихідною для її розробки є лінія, яка вміщує схему заміщення елементарного відрізка рейкової лінії з урахуванням поздовжньої симетрії та елементи із зосереджуваними параметрами, що розглядаються як точкові неоднорідності, координати яких визначаються носієм дельта - функції в деяких точках - x_m, x_k, x_j, x_l и x_{l+} : $Z_u \cdot \delta(x_k)$, $Z_u \cdot \delta(x_m)$, $G_{III} \cdot \delta(x_j)$, $Y_l \cdot \delta(x_l)$ та $Z_{l+} \cdot \delta(x_{l+})$.

Тоді систему диференційних рівнянь для комплексних діючих напру-
ги та струмів з урахуванням точкових неоднорідностей слід записати у ви-
гляді:

$$\begin{aligned}
 -\frac{d\dot{U}(x)}{dx} &= \underline{Z}\dot{I}_1(x) + \dot{U}_{1um}(x) \cdot \delta(x - x_m) - \underline{Z}\dot{I}_2(x) - \dot{U}_{2uk}(x) \cdot \delta(x - x_k) + \\
 &\quad + \dot{U}_{1l}(x) \cdot \delta(x - x_{1+}) - \dot{U}_{2l}(x) \cdot \delta(x - x_{1+}); \\
 -\frac{d\dot{I}_1(x)}{dx} &= \underline{Y}\dot{U}(x) + \dot{I}_{шj}(x) \cdot \delta(x - x_j) + \dot{I}_1(x) \cdot \delta(x - x_1); \\
 \frac{d\dot{I}_2(x)}{dx} &= \underline{Y}\dot{U}(x) + \dot{I}_{шj}(x) \cdot \delta(x - x_j) + \dot{I}_1(x) \cdot \delta(x - x_1).
 \end{aligned}$$

де \underline{Z} та \underline{Y} - відповідно комплексні опір та провідність рейкової лінії.

Вирішення такої системи рівнянь з узагальненими функціями можли-
ве шляхом застосування інтегральних методів, наприклад, інтегрального
перетворення Лапласа, і може бути представлено при n , q і t - неод-
норідностях, відповідно, на першій та другій рейкових нитках та p і t - по-
перечних провідностях у вигляді:

$$\begin{aligned}
 \dot{U}(x) &= \dot{U}(0)\text{ch}\gamma x - \sum_{m=1}^n \dot{U}_{1um}(x)\text{ch}\gamma(x - x_m) + \sum_{k=1}^q \dot{U}_{2uk}(x)\text{ch}\gamma(x - x_k) - \\
 &\quad - \sum_{l_+=1}^t \dot{U}_{1l_+}(x)\text{ch}\gamma(x - l_+) + \sum_{l_+=1}^t \dot{U}_{2l_+}(x)\text{ch}\gamma(x - l_+) - \frac{\dot{I}_1(0)}{2} \underline{Z}_B \text{sh}\gamma x + \\
 &\quad + \frac{\dot{I}_2(0)}{2} \underline{Z}_B \text{sh}\gamma x + \sum_{j=1}^p \dot{I}_{шj}(x) \underline{Z}_B \text{sh}\gamma(x - x_j) + \sum_{l=1}^t \dot{I}_1(x) \underline{Z}_B \text{sh}\gamma(x - l);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{I}_1(x) &= -\dot{U}(0) \frac{\text{sh}\gamma x}{\underline{Z}_B} + \sum_{m=1}^n \dot{U}_{1um}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x - x_m)}{\underline{Z}_B} - \sum_{k=1}^q \dot{U}_{2uk}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x - x_k)}{\underline{Z}_B} + \\
 &\quad + \sum_{l_+=1}^t \dot{U}_{1l_+}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x - l_+)}{\underline{Z}_B} - \sum_{l_+=1}^t \dot{U}_{2l_+}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x - l_+)}{\underline{Z}_B} + \frac{\dot{I}_1(0)}{2} (\text{ch}\gamma x + 1) - \\
 &\quad - \frac{\dot{I}_2(0)}{2} (\text{ch}\gamma x - 1) - \sum_{j=1}^p \dot{I}_{шj}(x) \text{ch}\gamma(x - x_j) - \sum_{l=1}^t \dot{I}_1(x) \text{ch}\gamma(x - l);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_2(x) = & \dot{U}(0) \frac{\text{sh}\gamma x}{Z_B} - \sum_{m=1}^n \dot{U}_{1um}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x-x_m)}{Z_B} + \sum_{k=1}^q \dot{U}_{2uk}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x-x_k)}{Z_B} - \\ & - \sum_{l_+=1}^t \dot{U}_{1l_+}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x-l_+)}{Z_B} + \sum_{l_+=1}^t \dot{U}_{2l_+}(x) \frac{\text{sh}\gamma(x-l_+)}{Z_B} - \frac{\dot{I}_1(0)}{2} (\text{ch}\gamma x - 1) \\ & + \frac{\dot{I}_2(0)}{2} (\text{ch}\gamma x + 1) + \sum_{j=1}^p \dot{I}_{1mj} \text{ch}\gamma(x-x_j) + \sum_{l=1}^t \dot{I}_l(x) \text{ch}\gamma(x-l), \end{aligned}$$

де γ - комплексна стала розповсюдження сигналу в рейковій лінії;

Z_B - комплексний хвильовий опір рейкової лінії.

Ці рівняння є узагальненими та являють собою математичну модель рейкової лінії в нормальному, шунтовому та контрольному режимах.

При відсутності точкових неоднорідностей дана система прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \dot{U}(x) = & \dot{U}(0) \text{ch}\gamma x - \frac{\dot{I}_1(0)}{2} Z_B \text{sh}\gamma x + \frac{\dot{I}_2(0)}{2} Z_B \text{sh}\gamma x; \\ \dot{I}_1(x) = & -\dot{U}(0) \frac{\text{sh}\gamma x}{Z_B} + \frac{\dot{I}_1(0)}{2} (\text{ch}\gamma x + 1) - \frac{\dot{I}_2(0)}{2} (\text{ch}\gamma x - 1); \\ \dot{I}_2(x) = & \dot{U}(0) \frac{\text{sh}\gamma x}{Z_B} - \frac{\dot{I}_1(0)}{2} (\text{ch}\gamma x - 1) + \frac{\dot{I}_2(0)}{2} (\text{ch}\gamma x + 1). \end{aligned}$$

Ці рівняння є рішенням задачі Коші для однорідної рейкової лінії та її математичною моделлю для нормального режиму, в яких початкові значення залежать від конкретного технічного рішення. Вони виражають закономірність зміни напруги та струму вздовж кожної рейкової нитки в залежності від початкових значень, первинних параметрів лінії та відстані від її початку.

Крім того, комплексні напруга $\dot{U}(x)$ та струми $\dot{I}_1(x)$ і $\dot{I}_2(x)$ є для пропонуванних НКД інформативними параметрами, за допомогою яких визначається стан рейкової лінії.

З метою визначення ефективності розробленої математичної моделі проведені її дослідження стосовно двох технічних рішень.

Аналіз представленої математичної моделі рейкової лінії, виконаний для випадку підключення джерела напруги до початку лінії, що характерно для класичної структури НКД - рейкового кола, показав, що з неї випливає математична модель двопровідної лінії

$$\dot{U}(x) = \dot{U}(0)\operatorname{ch}\gamma x - \dot{I}(0)Z_B\operatorname{sh}\gamma x; \quad \dot{I}(x) = -\dot{U}(0)\frac{\operatorname{sh}\gamma x}{Z_B} + \dot{I}(0)\operatorname{ch}\gamma x$$

або, виконуючи рішення відносно значень $\dot{U}(l)$ та $\dot{I}(l)$, маємо:

$$\dot{U}(0) = \dot{U}(l)\operatorname{ch}\gamma l + \dot{I}(l)Z_B\operatorname{sh}\gamma l; \quad \dot{I}(0) = \dot{U}(l)\frac{\operatorname{sh}\gamma l}{Z_B} + \dot{I}(l)\operatorname{ch}\gamma l.$$

Оскільки ці рівняння одержані з розробленої математичної моделі рейкової лінії для нормального режиму, то це вказує на належність рейкових кіл до більш загального класу, до класу неперервних колійних датчиків.

Аналітичні дослідження математичної моделі з такими граничними умовами: при $x=l$: $\dot{I}_1(l) = 0$; $\dot{I}_2(l) = \dot{I}_0$, при $x=0$:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1(0) = \dot{I}_0; \quad \dot{I}_2(0) = 0; \quad \dot{U}(0) = \dot{E}_3 - \dot{I}_0 Z'_{\text{ВХН}} - \dot{U}_{\text{РН}2}, \quad \text{а} \quad \dot{U}_{\text{РН}2} = \int_0^l d\dot{U}_{\text{РН}2} \end{aligned} \right\},$$

де \dot{E}_3 - е.д.с. еквівалентного генератора, підключеного до входу рейкової лінії з внутрішнім опором $Z'_{\text{ВХН}}$,

дозволили отримати рішення крайової задачі для напруги $\dot{U}(x)$ та струмів

$\dot{I}_1(x)$, $\dot{I}_2(x)$ і \dot{I}_0 :

$$\dot{U}(x) = 2\dot{E}_3 \frac{\operatorname{ch}\gamma x + \operatorname{ch}\gamma(l-x)}{2(\operatorname{ch}\gamma l + 1) + \gamma l \operatorname{sh}\gamma l + 4 \frac{Z'_{\text{ВХН}}}{Z_B} \operatorname{sh}\gamma l};$$

$$\dot{I}_1(x) = 2 \frac{\dot{E}_3}{Z_B} \cdot \frac{\operatorname{sh}\gamma l - \operatorname{sh}\gamma x + \operatorname{sh}\gamma(l-x)}{2(\operatorname{ch}\gamma l + 1) + \gamma l \operatorname{sh}\gamma l + 4 \frac{Z'_{\text{ВХН}}}{Z_B} \operatorname{sh}\gamma l};$$

$$\dot{I}_2(x) = 2 \frac{\dot{E}_3}{Z_B} \cdot \frac{\operatorname{sh}\gamma l + \operatorname{sh}\gamma x - \operatorname{sh}\gamma(l-x)}{2(\operatorname{ch}\gamma l + 1) + \gamma l \operatorname{sh}\gamma l + 4 \frac{Z'_{\text{ВХН}}}{Z_B} \operatorname{sh}\gamma l};$$

$$\dot{I}_0 = 4 \frac{\dot{E}_3}{Z_B} \cdot \frac{\text{sh}\gamma l}{2(\text{ch}\gamma l + 1) + \gamma \text{sh}\gamma l + 4 \frac{Z'_{ВХН}}{Z_B} \text{sh}\gamma l},$$

а також встановити, що рішення даної крайової задачі рейкопровідної лінії представляється гіперболічними функціями комплексного змінного, розповсюдження по рейковій лінії електромагнітної енергії являє собою хвильовий процес. При цьому діє незатухаючий струм \dot{I}_0 , по кінцях рейкової лінії діють однакові напруги, а посередині знаходиться мінімум напруги функції $\dot{U}(x)$.

Показано, що ступінь зміни напруги в рейковому колі та в рейкопровідній лінії при сухому баласті складає відповідно 25% і 1%, а при мокрому - 95% і 75%. У зв'язку з цим для розширення меж працездатності НКД доцільне використання рейкопровідних ліній.

З метою повноти аналізу узагальненої математичної моделі розглянуто приклад розрахунку двох режимів роботи рейкового кола. У результаті отримані математичні вирази, які дозволяють виконати як в аналітичній, так і в числовій формах аналіз розподілення сигналів уздовж рейкової лінії:

- для шунтового режиму

$$\dot{U}_{III}(x) = \frac{\dot{E}_3 \left[(Z_{ВХ,III} \text{ch}\gamma x - Z_B \text{sh}\gamma x) + \frac{Z_B \text{sh}\gamma(x - x_{III})}{R_{III}} (Z_{ВХ,III} \text{ch}\gamma x_{III} - Z_B \text{sh}\gamma x_{III}) \right]}{Z_{ВХ,III} + Z'_{ВХН}};$$

$$\dot{I}_{III}(x) = \frac{\dot{E}_3 \left[\left(-\frac{Z_{ВХ,III}}{Z_B} \text{sh}\gamma x + \text{ch}\gamma x \right) - \frac{\text{ch}\gamma(x - x_{III})}{R_{III}} (Z_{ВХ,III} \text{ch}\gamma x_{III} - \text{sh}\gamma x_{III}) \right]}{Z_{ВХ,III} + Z'_{ВХН}};$$

- для контрольного режиму

$$\dot{U}_K(x) = \frac{\dot{E}_3}{Z_{ВХ,K} + Z'_{ВХН}} \left[(Z_{ВХ,K} \text{ch}\gamma x - Z_B \text{sh}\gamma x) - \right. \\ \left. - Z_3 \text{ch}\gamma(x - x_{II}) \cdot \left[-\frac{Z_{ВХ,K}}{Z_B} \text{sh}\gamma x + \text{ch}\gamma x \right] \right];$$

$$\dot{I}_K(x) = \frac{\dot{E}_3 \left[-\frac{Z_{ВХК}}{Z_B} \operatorname{sh} \gamma x + \operatorname{ch} \gamma x + \left(-\frac{Z_{ВХК}}{Z_B} \operatorname{sh} \gamma x_m + \operatorname{ch} \gamma x_m \right) \cdot Z_3 \frac{\operatorname{sh} \gamma (x - x_m)}{Z_B} \right]}{Z_{ВХК} + Z'_{ВХН}}$$

де $Z_{ВХШ}$ та $Z_{ВХК}$ - вхідні опори рейкового кола, відповідно, у шунтовому та контрольному режимах; Z_3 - еквівалентне значення опору в точці розриву або злому рейкової нитки.

Третій розділ присвячений розробці методики синтезу НКД, а також синтезу та аналізу запропонованих структур.

Розроблена узагальнена математична модель рейкової лінії дозволила запропонувати методику синтезу НКД, враховуючи те, що струми на початку та в кінці кожної рейкової нитки можуть приймати різні значення в залежності від конкретного технічного рішення. На основі розробленої методики синтезу НКД побудована графова модель, яка дозволила в подальшому синтезувати різні структури НКД.

Розглянуті приклади синтезу структурних схем та алгоритмів функціонування НКД, які захищені авторськими свідоцтвами або іншими охоронними документами. Так, наприклад, на основі графової моделі синтезу запропоновані структурна схема гіркового НКД та НКД контролю заповнення колії сортувального парку з виміром струму в контрольних точках рейкових ниток або з виміром напруги на їх відрізках. Такий НКД при випробуваннях на сортувальній гірці ст. Красний Лиман стало працював при опорі ізоляції 0.2 Ом-км, при якому діючі НКД контролю заповнення колії сортувального парку не працюють.

Особливістю розробленого гіркового НКД є те, що спочатку були задані абсолютна шунтова чутливість в 2 Ом, мінімальний опір ізоляції в 2.5 Ом, а також установлені значення опорів з'єднувальних дротів, зворотнього вхідного опору та опорів у колі з'єднання протилежних кінців різних рейкових ниток. Тому ця задача зводиться до вибору значень ета-

лонного резистора в загальному колі НКД з урахуванням виконання шунтового режиму. Отримане значення цього резистора задовольняє і вимоги нормального режиму.

На основі аналізу критеріїв роботи НКД у нормальному та шунтовому режимах встановлено, що можлива реалізація гіркового НКД з абсолютною шунтовою чутливістю до 2 Ом та працездатним при зміні опорю ізоляції від 2.5 Ом до максимального значення.

Четвертий розділ присвячений принципам побудови рейкових кіл при низькому опорі ізоляції.

Забезпечення роботи рейкового кола в основних режимах залежить від значень вхідних опорів на кінцях рейкової лінії, оскільки вимоги до величини та характеру цих опорів за умовами забезпечення шунтового та контрольного режимів суперечні. Тому усунення цієї суперечності є однією із задач синтезу рейкових кіл.

Поставлена задача вирішена з урахуванням погодження параметрів рейкового каналу: $Z_{ВХН} = Z_{ВХК} = Z_{ВХО}$, а також з урахуванням того, що рейкові лінії з опором ізоляції менше 0.1 Ом-км є лініями з великими втратами. Тоді відома математична модель рейкового кола може бути представлена у вигляді:

$$K_{\Pi} = \frac{e^{\gamma l} \left(2Z_{ВХО} + Z_{В} + \frac{Z_{ВХО}^2}{Z_{В}} \right)}{|2Z_{ВХО} + \underline{z}|} \cdot K_3 K_{И}; \quad K_K = \frac{K_{ВН}}{K_3 K_{И}} \cdot \frac{|Z_{\Pi OK}|}{|Z_{\Pi O}|} \geq 1;$$

$$K_{ШН} = \frac{K_{ВН}}{K_3 K_{И}} \cdot \frac{|2Z_{ВХО} + \underline{z} + \frac{1}{R_{Ш}} (Z_{ВХО}^2 + Z_{ВХО} \underline{z} + Z_{В}^2 (1-x)x)|}{\left| \frac{e^{\gamma l}}{2} \left(2Z_{ВХО} + Z_{В} + \frac{Z_{ВХО}^2}{Z_{В}} \right) \right|}$$

Опір передачі в контрольному режимі визначається з урахуванням шестиполосної схеми заміщення рейкової лінії і при найбільш несприятли-

вих умовах

$$Z_{\Pi OK} = A_{\text{кр}} \left(Z_{\text{ВХК}} + \frac{Z_l}{4} \right) + B_{\text{кр}} + \left[C_{\text{кр}} \left(Z_{\text{ВХК}} + \frac{Z_l}{4} \right) + D_{\text{кр}} \right] \left(Z_{\text{ВХН}} + \frac{Z_l}{4} \right),$$

де $A_{\text{кр}}$, $B_{\text{кр}}$, $C_{\text{кр}}$ и $D_{\text{кр}}$ - коефіцієнти рейкового чотириполосника у контрольному режимі.

Сукупний аналіз функцій коефіцієнта перевантаження в нормальному режимі $K_{\Pi} = f(Z_{\text{ВХО}})$ та $K_{\Pi} = f(\varphi_{\text{ВХО}})$, потужності, яку споживає рейкове коло в цьому режимі, коефіцієнта шунтової чутливості $K_{\text{ШН}} = f(Z_{\text{ВХО}}, \varphi_{\text{ВХО}})$ та $K_{\text{ШН}} = f(x)$, а також коефіцієнта контрольного режиму $K_{\text{К}} = f(Z_{\text{ВХО}})$ для $\varphi_{\text{ВХО}} = 60^\circ \dots -80^\circ$ та $K_{\text{К}} = f(\varphi_{\text{ВХО}})$ показав, що найбільш сприятливі умови для всіх режимів роботи рейкових кіл постають при частоті $f = 25$ Гц та значеннях модуля вхідного опору по кінцях рейкової лінії, що дорівнює $(0.5-1.5)Z_{\text{в}}$ з аргументом $\varphi_{\text{ВХО}} = (40^\circ \dots 80^\circ)$.

При таких параметрах вхідного опору на кінцях рейкової лінії та низькому опорі ізоляції рейкове коло споживає в 3-4 рази меншу потужність, має в 1.1-1.5 рази більший запас по шунтовому та в 1.5-2 рази по контрольному режимам і, що важливо, знімаються суперечності шунтового та контрольного режимів, а максимально допустима довжина контролюючої ділянки перевищує 500 метрів.

Висновок

1. На ділянках з пониженим опором ізоляції спостерігаються часті та тривалі відкази систем ЗАТ, обумовлених припиненням нормального функціонування первинних датчиків інформації. Тому розробка НКД з розширеною областю працездатності є актуальною задачею.

2. Показано, що особливістю передачі сигналів по рейковій лінії, найбільш чутливого до зовнішнього впливу елементу НКД, є значне і не-постійне затухання сигналу внаслідок змінних первинних параметрів рей-

кової лінії, що призводить до неузгодження хвильового опору лінії і опорів споживачів по її кінцях.

3. Встановлено, що численні дослідження та розробки, які спрямовані на пошук резервів працездатності НКД, базуються на класичній його моделі. Встановлено також, що при розробці нетрадиційних алгоритмів функціонування НКД основним є використання додаткових інформаційних параметрів про стан рейкової лінії.

4. Показано, що існуючі математичні моделі обмежують можливості синтезу НКД з розширеними функціональними можливостями.

5. Запропоновано методику опису в рейковій лінії опорів шунта та злому рейки як точкових неоднорідностей у вигляді елементів із зосереджуваними параметрами.

6. Розроблено узагальнену математичну модель лінії, яка враховує наявність точкових неоднорідностей.

7. Запропоновано математичну модель однорідної рейкової лінії з розширеною підмножиною інформаційних параметрів.

8. Обґрунтовано та показано доцільність використання рейко-провідних ліній для контролю стану рейкової лінії.

9. Установлено ефективність розробленої математичної моделі, яка полягає в більш простішому проведенні аналізу процесів, які відбуваються в рейковій лінії при накладанні шунта та злому рейки при порівнянні з класичним методом розрахунку розподілення напруги та струму вздовж рейкової лінії.

10. На основі запропонованої математичної моделі однорідної рейкової лінії розроблена методика та графова модель синтезу структурних схем та алгоритмів функціонування НКД.

11. Розглянуто приклади синтезу структурних схем та алгоритми функціонування НКД. Показано, що область працездатності гіркового НКД

по опору ізоляції розширена з 3 Ом до 2.5 Ом, а по шунтовій чутливості з 1.5 Ом до 2 Ом.

12. Показано, що для ділянок з низьким опором ізоляції найбільш сприятливі умови для основних режимів роботи рейкових кіл проявляються при використанні сигналів низьких частот та значеннях вхідних опорів по кінцях рейкової лінії, що дорівнюють по модулю $(0.5-1.5)Z_B$, а по аргументу $\varphi_{вхо} = -(40^\circ \dots 80^\circ)$.

13. Основні теоретичні та прикладні результати дисертації використані при розробці та впровадженні в'їзної та виїзної сигналізації з неперервними колійними датчиками.

Основні положення дисертації опубліковані

у таких наукових працях

1. Соболев Ю.В., Мороз В.П. Математические модели некоторых типов непрерывных путевых преобразователей // Межвуз. сб. научн. тр. / Харьк. ин-т инж. ж.-д. трансп. - Харьков, 1989. - Вып.10. - с.79-89.

2. Мороз В.П. Способ построения многофункционального непрерывного путевого преобразователя // Межвуз. сб. научн. тр. / Харьк. ин-т инж. ж.-д. трансп. - Харьков, 1989. - Вып.10. - с.76-79.

3. Мороз В.П., Прогонный А.Н., Соболев Ю.В., Соколов В.М. Повышение работоспособности рельсовых цепей при низком сопротивлении изоляции // Межвуз. сб. научн. тр. / Уральский электромех-й ин-т инж. трансп. - Свердловск, 1988. - Вып.77. - с.44-49.

4. Соболев Ю.В., Бойник А.Б., Соколов В.М., Мороз В.П. и др. Полуавтоматическая система въездной и выездной сигнализации производственных помещений // Автоматика, телемеханика и связь. -1988. -№4.- с.10-12.

5. А.с. 1286457 (СССР). Устройство для контроля состояния рельсовой линии / Мороз В.П. и др. - Заявл. 01.04.85. - №3880236/27-11. - Оpubл. 30.01.87.- Бюл. №4.

6. А.с. 1437287 (СССР). Способ контроля свободности рельсовой линии / Мороз В.П. и др. - Заявл. 01.04.85. - №1880236/27-11. - Оpubл. 15.11.87. - Бюл. №42.

7. А.с. 1468808 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл. 04.08.87. - №4293824/27-11. - Оpubл. 30.03.89. - Бюл. №12.

8. А.с. 1474008 (СССР). Путьевой приемник / Мороз В.П. и др. - Заявл. 11.04.87. - №4258077/27-11. - Оpubл. 23.04.89. - Бюл. №15.

9. А.с. 1556984 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл. 11.07.88. - № 4458936/27-11. - Оpubл. 15.04.90. - Бюл. №14.

10. А.с. 1558752 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл. 11.07.88. - №4458127/31-11. - Оpubл. 23.04.90. - Бюл. №15.

11. А.с. 1586945 (СССР). Устройство контроля состояния изолирующих стыков / Мороз В.П. и др. - Заявл. 11.08.87. - №4296918/27-11. - Оpubл. 23.08.90. - Бюл. №31.

12. А.с. 1630946 (СССР). Устройство для контроля заполнения пути сортировочного парка / Мороз В.П. и др. - Заявл. 03.01.89. - №4630874/11. - Оpubл. 28.02.91. - Бюл. №8.

13. А.с. 1659276 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл. 19.07.89. - №472498/11. - Оpubл. 30.06.91. - Бюл. №24.

14. А.с. 1696334 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл. 08.08.89. - № 4726180/11. - Оpubл. 07.12.91. - Бюл. №45.

15. А.с. 1785936 (СССР). Устройство для контроля состояния изолирующих стыков / Мороз В.П. и др. - Заявл. 27.12.88. - №4627449/11. - Оpubл. 07.01.93. - Бюл. №1.

16. А.с. 1792856 (СССР). Устройство для определения проследования колеса по участку рельсовой линии / Мороз В.П. и др. - Заявл. 04.04.91. - №4924137/11. - Оpubл. 07.02.93. - Бюл. №5.

17. А.с. 1792863 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл.

29.04.91. - №4931453/11. - Оpubл. 07.02.93. - Бюл. №5.

18. А.с. 1794760 (СССР). Устройство для измерения проводимости изоляции рельсовой линии / Мороз В.П. и др. - Заявл. 14.08.90. - №4859586/11. - Оpubл. 15.02.93. - Бюл. №6.

19. А.с. 1808751 (СССР). Рельсовая цепь / Мороз В.П. и др. - Заявл. 04.12.90. - №4887047/11. - Оpubл. 15.04.93. - Бюл. №14.

20. Мороз В.П., Сашко В.Я., Соколов В.М., Суярко С.В. Анализ амплитудно-фазовых характеристик путевых приемников. - Харьк. ин-т инж. ж.-д. трансп.- Харьков, 1988.- 26 с. -Деп. в ЦНИИТЭИ МПС. - 25.11.1988. - №4435-88 Деп.

21. Соболев Ю.В., Мороз В.П. Принципы построения адаптивных непрерывных путевых преобразователей (НПП) // Тез. докл. республ. конфер. "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте". - Киев, 1990. - с.34.

22. Мороз В.П. Микропроцессорное устройство контроля заполнения пути (КЗП) сортировочного парка // Тез. докл. республ. конфер. "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте". - Киев, 1990. - с.34.

23. Мороз В.П. Разработка комплекса непрерывных путевых датчиков с использованием рельсопроводной линии // Тез. докл. республ. конфер. "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте". - Киев, 1993. - с.22.

24. Мороз В.П. Применение языка символьных преобразований REDUCE и многофункционального вычислительного пакета MathCAD для автоматизации научных исследований // Тез. докл. республ. конфер. "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте". - Киев, 1993. - с.21.

25. Мороз В.П. Разработка общей математической модели четырех-

полосника с распределенными параметрами // Тез. докл. республ. конфер. "Микропроцессорные системы связи и управления на железнодорожном транспорте". - Харьков, 1994. - с.59.

26. Мороз В.П. Принципы построения инвариантных непрерывных путевых преобразователей // Тез. докл. республ. конфер. "Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте". - Харьков, 1995. - с.30.

27. Мороз В.П. Використання перетворення Лапласа до розробки загальної математичної моделі рейкової лінії // Тези доповідей 57 наук.-техн. конф. кафедр акад. та спец-в зал. трансп. за міжн. участю / ХарДАЗТ. - Харків, 1995. - с.68.

Особистий внесок. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить: у праці [1] - розробка математичних моделей; [3] - визначення області працездатності та структури рейкового кола; [4] - розробка і вибір параметрів колійних датчиків; [5, 6] - вибір операції подачі напруги у рейкову лінію та методу контролю; [7] - пропозиція по формуванню двох каналів подачі живлення та обробки результатів вимірювань; [8] - пропозиція по використанню ключових елементів; [9] - пропозиція по використанню двох частот для контролю стану рейкової лінії; [10] - вибір методу контролю робочого стану джерела струму; [11, 15] - пропозиція по використанню ключових елементів та місце їх підключення; [12] - пропозиція по формуванню двох каналів вимірювань електричних параметрів та способу їх обробки; [13] - пропозиція по використанню імпульсного режиму роботи; [14, 19] - пропозиція по використанню автоматичного регулювання напруги джерела живлення у НКД, у відповідності із зміною струму витоку у рейкової лінії; [16, 17] - пропозиція по створенню незалежних ділянок контролю стану рейкової лінії; [18] - пропозиція по формуванню двох каналів вимірювання електричних пара-

метрів для визначення провідності рейкової лінії; [20] - вибір технічних засобів, проведення експерименту та аналіз результатів; [21] - визначення принципів побудови адаптивних НКП.

ANNOTATION

Moroz V.P. The continuous track transducers of the railway system of automatics and telemechanics for the section with fall resistance isolation.

The dissertation on scientific degree - candidate of technical sciences on 05.22.08 speciality - "Railway transport maintenance". Kharkov State Academy of Railway Transport, Kharkov, 1996.

The ways of rising the capacity for work of continuous track transducers (CTT) have been investigated. Generalized mathematics model of railway line has been elaborated, taking into consideration longitudinal and across point un-homogeneities. Besides, its theoretical investigations has been executed. The method and graph of model of synthesis CTT have been suggested and their examples of synthesis CTT have been considered. The tests have been conducted and the inculcation of CTT has been introduced.

АННОТАЦИЯ

Мороз В.П. Непрерывные путевые датчики систем железнодорожной автоматики и телемеханики для участков с пониженным сопротивлением изоляции.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 - эксплуатация железнодорожного транспорта, Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1996.

Исследованы пути повышения работоспособности непрерывных путевых датчиков (НПД). Разработана обобщенная математическая модель рельсовой линии, учитывающая продольные и поперечные точечные неоднородности и выполнены ее теоретические исследования. Предложены ме-

тодика и графовая модель синтеза НПД, рассмотрены примеры их синтеза. Проведены испытания и осуществлено практическое внедрение НПД.

Ключові слова: неперервний колійний датчик; опір ізоляції; рейкова лінія; математична модель; точкова неоднорідність; рейкове коло; синтез структур НКД.



НЕПЕРЕРВНИ КОЛІЙНИ ДАТЧУКИ СИСТЕМ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕМЕХАНІКИ ДЛЯ
ДИЛЯНОК З ІЗІЮВАННЯМ ОГОРОМ ІЗОЛЯЦІЇ

05.22.08 - Системний інженеринг транспорту

МОРОЗ Володимир Петрович

Підписано до друку 24.10.1998 р.

Друкатьово-літ. фабрика № 174, Центр поліграфії, Ужгородський вул. 1, 3.

Друкатьово-літ. фабрика № 590, Тарнак 100, Березівський вул. 1, 21.

Друкатьово-літ. фабрика № 110500, Ужгород - 50, вул. Шевченка, 7.

Друкатьово-літ. фабрика № 110500, Ужгород - 50, вул. Шевченка, 7.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

НЕПЕРЕРВНІ КОЛІЙНІ ДАТЧИКИ СИСТЕМ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕМЕХАНІКИ ДЛЯ
ДІЛЯНОК З ПОНИЖЕНИМ ОПОРОМ ІЗОЛЯЦІЇ

05.22.08- експлуатація залізничного транспорту

МОРОЗ Володимир Петрович

Підписано до друку 24.10.1996 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний. Умовн.-друк.арк. 1,5.

Обл.-вид.арк. 1,75. Замовлення № 590 Тираж 100. Безкоштовно.

Видання ХарДАЗТу, 310050 , Харків - 50 , пл. Фейербаха, 7.

Друкарня ХарДАЗТу, 310050 , Харків - 50 , пл. Фейербаха, 7.

441073

АВТОРЕФРАТ

диссертация на звание кандидата наук

кандидат технических наук

НЕПРЕРВНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СИСТЕМ
ЗАДАЧНОЙ АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕМЕХАНИКИ ДИСТАНЦИОННОГО
ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

02.22.08 - системы автоматического управления

МОРОЗ Владимир Петрович

Иркутск, 1988 г.

Объем работы 60 кб. 310. 12 стр. 100 экз. 100 экз.

Одн. экз. 17. 100 экз. 100 экз.

Иркутск, 1988 г. 310020. 100 экз. 100 экз.

Иркутск, 1988 г. 310020. 100 экз. 100 экз.