

Корисна модель належить до області залізничної автоматики й телемеханіки і стосується системи мікропроцесорних рейкових кіл, може бути використана в системах інтервального регулювання рухом поїздів на базі тональних рейкових кіл на станціях магістрального й промислового залізничного транспорту та метрополітену.

Швидкість обробки поїздів на станціях вирішальним чином визначає пропускну спроможність залізних доріг. Одним з основних способів підвищення пропускної спроможності залізничних станцій та забезпечення безпеки рухові поїздів є системи рейкових кіл.

Призначення системи мікропроцесорних рейкових кіл (далі - МРК-У) - контроль зайнятості/вільності ділянок колії на станціях та перегонах, контроль цілісності рейкових ліній, передачі кодових сигналів автоматичної локомотивної сигналізації з колійних пристроїв на локомотив.

Найближчим аналогом запропонованої корисної моделі є цифровий модуль контролю рейкових кіл ЦМ КРЦ, відомий із матеріалів компанії "Стальэнерго" (http://stalenergo.ru/?page_id=1581), публікації "Цифровой модуль контроля рельсовых цепей ЦМ КРЦ, руководство по эксплуатации ЕИУС.468172.001РЭ", який є функціонально закінченою підсистемою контролю та кодування рейкових кіл. Область застосування ЦМ КРЦ - станційні та перегінні системи залізничної автоматики з тональними рейковими кілами при централізованому розміщенні апаратури. ЦМ КРК містить: автоматизоване робоче місце чергового по станції, автоматизоване робоче місце електромеханіка, апаратуру обміну даними (ОАД), мережевий комутатор, обладнання для інтерфейсного зв'язку, обладнання електроживлення, трійовану оптичну мережу, апаратуру релейних кінців тональних рейкових кіл, де:

- АОД являє собою спеціалізований шлюз для обміну даними: з мікропроцесорними системами за допомогою цифрового інтерфейсу та за допомогою релейного інтерфейсу через електромагнітні реле тощо;

- мережевий комутатор (мережеві комутатори) являє(ють) собою комутатор(и) локальних мереж;

- обладнання для інтерфейсного зв'язку містить перетворювачі провідної лінії зв'язку в оптичну, комутатори Ethernet, включаючи оптичні шлюзи, провідникові та оптичні кабелі, дубльовану оптоволоконну мережу тощо;

- обладнання електроживлення містить джерела живлення постійного струму, модулі резервування, включаючи керуючий резервований контролер з дубльованими каналами формування команд, буферні модулі, автоматичні вимикачі, випрямлювальну систему тощо;

- трійована оптична мережа є радіальною та служить для зв'язку між керуючим резервованим контролером та модулем введення і контролю тощо;

- апаратура релейних кінців тональних рейкових кіл містить каркас і кросові модулі з'єднання з рейковими колами.

Крім того, ЦМ КРК містить апаратуру тональних рейкових кіл, апаратуру кодування рейкових кіл сигналами автоматичної локомотивної сигналізації безперервної дії (АЛСБ), апаратуру захисту від блискавкових та комутаційних перенапруг, апаратуру обміну даними із системами централізацій та блокувань. ЦМ КРК складається із двох напівкомплектів. Перший напівкомплект містить апаратуру кінців живлення тональних рейкових кіл (ТРК), апаратуру кодування рейкових кіл сигналами АЛСБ, апаратуру обміну даними (АОД), апаратуру з'єднання (АЗ) і другий ступінь захисту від блискавкових та комутаційних перенапруг. Другий напівкомплект містить апаратуру релейних кінців ТРК, апаратуру кодування рейкових кіл сигналами АЛСБ, АОД, АЗ та другий ступінь захисту від блискавкових та комутаційних перенапруг. Пристрій захищеного вводу містить прилади першого ступеня захисту від блискавкових та комутаційних перенапруг. Кожен приймач тональних рейкових кіл містить основний та резервний канали в одному типовому елементі заміни (ТЕЗ). Кожен генератор тональних рейкових кіл містить основний та резервний канали в одному ТЕЗ.

Центральним пристроєм ЦМ КРЦ є АС, яка є цифровою підсистемою збору, обробки та обміну даними між керуючою системою (системою електричної централізації або автоблокування) і приладами у складі ЦМ КРЦ. АС виконує реалізацію логічних залежностей для забезпечення управління апаратурою кодування рейкових кіл, обмін даними та діагностичною інформацією з керуючою системою, синхронізацію кодів АЛСН апаратури кодування рейкових кіл, зберігання уставок ЦМ КРЦ.

АС має двоканальну дубльовану структуру, що містить два ідентичні канали: до складу кожного з яких входять два пристрої ЯЛ (ядро логіки) з вбудованою самодіагностикою та один концентратор зв'язку верхнього рівня (КЗВ). Чотири ЯЛ утворюють чотириядерну структуру зі схемою резервування "один із двох дубльованих каналів", причому обидві пари ЯЛ працюють паралельно. При виявленні відмови обидва канали ЯЛ переходять в захисний стан і АС автоматично переходить в одноканальний режим роботи.

Недоліками даного аналога є надмірність устаткування центрального пристрою та неможливість децентралізованого розміщення – в вигляді розділних фрагментів, віддалених один від одного й зв'язаних оптоволоконними каналами зв'язку як у межах однієї станції, так і на декількох сусідніх станціях. ЦМ КРК є функціонально закінченою підсистемою контролю та кодування рейкових кіл, яка

не може бути інтегрована у систему верхнього рівня - систему мікропроцесорної централізації.

З публікації "Апаратура тональних рельсових цепей и кодирования АЛС", ООО "НПП КС-МИСАТ", г. Харьков (<http://misat.com.ua/download/ru/als.pdf>) відома апаратура тональних рейкових кіл та кодування АЛС виробництва ТОВ "НВП КС-МИСАТ", яка дозволяє реалізувати функціонально закінчену підсистему контролю та кодування рейкових кіл з прийомом та передачею інформації в системи автоблокування та електричної централізації. Центральним пристроєм є двоканалний контролер логічних залежностей (на базі двоядерного процесора), який забезпечує реалізацію логічних залежностей, управління генераторами АЛСН, зв'язки між генераторами, приймачами рейкових кіл та ув'язування із системою верхнього рівня. Зв'язок із системою верхнього рівня здійснюється по одному з варіантів, що визначаються на етапі проектування системи: інтерфейсу RS485/422 або інтерфейсу Ethernet (кручена пара або оптоволокно). Зв'язок із апаратурою ТРЦ або кодування забезпечується за допомогою портів CAN. Підсистема контролю ділянок може бути виконана з гарячим резервуванням апаратури та дублюванням каналів зв'язку.

Недоліками нерезервованої підсистеми є недостатня надійність, в якій реалізоване лише дублювання каналів реалізації логічних залежностей, а також управління генераторами АЛСН та зв'язків між генераторами, приймачами рейкових кіл. Недоліками резервованої підсистеми є надмірність устаткування як центрального пристрою, так і апаратури ТРЦ та кодування АЛСН. Функціонально закінчена підсистема контролю та кодування рейкових кіл не може бути інтегрована у систему верхнього рівня - систему мікропроцесорної централізації.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищити пропускну спроможність залізничних станцій та забезпечення безпеки руху поїздів шляхом застосування безконтактного інтерфейсу ув'язки з рейковими колами і додаткових засобів реалізації логічних залежностей для забезпечення управління апаратурою кодування рейкових кіл.

Поставлена задача вирішена в системі мікропроцесорних рейкових кіл, що містить автоматизоване робоче місце електромеханіка, спеціалізований шлюз, радіальну дубльовану оптоволоконну мережу, комутатори локальної мережі, керуючий резервований контролер з дубльованими каналами формування команд, радіальну тройовану оптичну мережу, безконтактні кросові модулі з'єднання з рейковими колами, згідно з корисною моделлю містить контролери введення-виведення, структурно виконана з можливістю розміщення устаткування децентралізовано - у вигляді роздільних фрагментів, віддалених один від одного й зв'язаних оптоволоконними каналами зв'язку, та інтеграції як функціональної підсистеми у систему мікропроцесорної централізації.

В переважному варіанті здійснення корисної моделі керуючий резервований контролер (5) містить три незалежних мікропроцесорні контролери (МпК), які є каналами формування команд, причому МпК виконані з можливістю взаємного резервування і здійснення мажорювання даних за логікою «2oo3d».

В переважному варіанті здійснення корисної моделі МРК-У містить радіальну тройовану оптичну мережу (10) на основі послідовного інтерфейсу для зв'язку контролерів введення-виведення (7) з керуючим резервованим контролером (5), а також з керуючим контролером системи мікропроцесорної централізації.

В іншому переважному варіанті здійснення корисної моделі МРК-У містить від 1 до 12 контролерів введення-виведення (7), що містять від 1 до 144 модулів зв'язку з об'єктом (МЗО).

В іншому переважному варіанті здійснення корисної моделі містить кросові модулі (16), призначені для комутації електричних сигналів між колійним обладнанням і МЗО (8), а також для захисту кіл від електромагнітних впливів.

Нижче виконання корисної моделі детальніше пояснюється з використанням креслення. На них зображено:

фіг. 1 - структурна схема системи мікропроцесорних рейкових кіл;

фіг. 2 - зовнішній вигляд КРУ;

фіг. 3 - зовнішній вигляд КВВ;

фіг. 4 - зовнішній вигляд МЗО.

ПОЗИЦІЙНІ ПОЗНАЧЕННЯ

1 - автоматизоване робоче місце електромеханіка;

2 - спеціалізований шлюз;

3 - радіальна дубльована оптична мережа;

4 - комутатор локальної мережі;

5 - КРК – керуючий резервований контролер;

6 - МпК - мікропроцесорний контролер;

7 - КВВ - контролер введення-виведення;

8 МЗО - модуль зв'язку з об'єктом;

9 - МЗв – модуль зв'язку;

10 - радіальна тройована оптична мережа на основі послідовного інтерфейсу;

11 - МП – мікропроцесор;

12 - схема резервування сигналів з діагностуванням за логікою "2oo2d";

- 13 - схема розмноження сигналу на два напрямки "1 на 2";
- 14 - вихідні сигнали;
- 15 - вхідні сигнали;
- 16 - кросові модулі.

Представлені на фіг. 1 МРК-У містить: автоматизоване робоче місце електромеханіка 1 на базі промислової робочої станції, яке застосовується для введення параметричних уставок для кожного з рейкових кіл, відображення значень поточних електричних параметрів рейкових кіл та інформації про стан ділянок колії; спеціалізований шлюз 2 для взаємодії з цифровими системами з використанням цифрових каналів зв'язку Ethernet 100BASE FX; радіальну дубльовану оптоволоконну мережу 3 на основі промислових Ethernet-комутаторів 4, що забезпечує зв'язок між промисловою робочою станцією 1, керуючим резервованим контролером (КРК) 5 та шлюзом 2; КРК 5 (фіг. 2), що складається із трьох незалежних МпК 6, причому три МпК 6 резервують один одного і виконують мажорювання даних за логікою «2oo3d» (мажорювання з діагностуванням у триканальній резервованій структурі); радіальну тройовану оптичну мережу 10 на основі послідовного інтерфейсу для зв'язку між КРК 5 та КВВ 7; КВВ 7 (фіг. 3), які виконані у вигляді крейтів із установленими модулями зв'язку з об'єктом МЗО 8 (фіг. 4), причому КВВ 7 складається з постійної частини із трьома модулями 9 зв'язку (МЗв) і змінної частини із МЗО 8 (до 12 штук), установлюваними відповідно до проекту, причому МЗО 8 складається з двох мікропроцесорів 11 (МП) і працює за схемою 12 резервування вихідних сигналів з діагностуванням за логікою «2oo2d», а також працює за схемою 13 розмноження вхідних сигналів на два напрямки «1 на 2» для контролю стану колійного обладнання рейкових кіл, причому модулі, що входять до складу МЗО 8, забезпечують введення сигналів типу «сухий контакт», формування напруги постійного струму на виходах для керування реле, формування кодових сигналів автоматичної локомотивної сигналізації і формування сигналів тональної частоти, контроль зайнятості та цілісності рейкових ліній, контроль порушення ізолюючих стиків між рейковими колами; безконтактні кросові модулі з'єднання зі рейковими колами 16, призначені для комутації вихідних 14 і вхідних 15 електричних сигналів між колійним обладнанням і МЗО 8, а також для захисту кіл від електромагнітних впливів, у тому числі викликаних атмосферними явищами і тяговим струмом.

У МРК-У інтерфейс з'єднання зі рейковими колами здійснюється за допомогою безконтактних електронних логічних елементів. Структура МРК-У розгалужена, забезпечує розміщення устаткування децентралізовано - у вигляді розділених фрагментів, віддалених один від одного й зв'язаних оптоволоконними каналами зв'язку як у межах однієї станції, так і на декількох сусідніх станціях.

МРК-У може бути інтегрована як функціональна підсистема у систему мікропроцесорної централізації. При цьому функції керуючого резервованого контролера КРК виконує керуючий резервованим контролер зі складу мікропроцесорної централізації, який пов'язаний з контролером введення-виведення КВВ за допомогою радіальної тройованої оптичної мережі.

Функції МРК-У:

- прийом інформації про стан ділянок колії (вільності/зайнятості секцій, блок-ділянок) та контроль змін або порушень у їхньому стані;
- передача сигналів автоматичної локомотивної сигналізації з колійних пристроїв на локомотив;
- забезпечення оператора (електромеханіка) детальною інформацією про поточні параметри рейкових кіл, стан їх вільності/зайнятості;
- діагностування обладнання МРК-У з поданням інформації на відеомоніторі та ведення архіву;
- цифровий обмін повідомленнями по різних інтерфейсів зв'язку.

Виявлення відмов та збоїв у МРК-У здійснюється на трьох рівнях ієрархії:

- на першому рівні (рівень КВВ 7) працює самодіагностика МЗО 8, модуля зв'язку МЗв 9 зі складу КВВ 7, виконується контроль наявності зв'язку з МП 11 і діагностика стану ліній зв'язку МЗО 12 і 13 з рейковими колами;

- на другому рівні (рівень КРК 5) кожен МпК 6 збирає та обробляє діагностичну інформацію від МЗО 8, МЗв 9 зі складу КВВ 7, доповнює її результатами контролю обміну МП 11 зі складу КВВ 7 і сусідніми МП 11 та результатами власної самодіагностики й відправляє до відправляє їх до автоматизованого робочого місця електромеханіка 1;

- на третьому рівні (рівень автоматизованого робочого місця електромеханіка) виконується обробка, візуалізація та архівування отриманої інформації від КРК 5.

До основних рішень щодо забезпечення надійності та функціональної безпеки МРК-У відносяться:

- три канали (МпК 6) у КРК 5 з мажоритарною обробкою інформації між каналами за логікою «2oo3d» та контролем розбіжностей між каналами. При цьому три канали незалежно один від одного здійснюють приймання, обробку інформації, обмінюються даними між собою для прийняття рішень про стан ділянок колії;

- внутрішнє дублювання МЗО 8. При цьому МЗО 8 незалежно один від одного приймають команди й формують контрольну-діагностичну інформацію в три канали МпК 6, здійснюють обробку інформації й формування вихідних сигналів 14 за логікою «2oo2d» 12 (резервування з діагностуванням у

двоканальній резервованій структурі);

- реалізація МЗО 8 на мікроконтролерах з різними архітектурою та програмним забезпеченням, що розроблені двома незалежними програмістами та виконує однакові функції;

- обробка й виконання команд щодо керування від трьох каналів КРК 5 здійснюється в МЗО 8 за мажоритарною логікою «2oo3d»;

- у разі порушення роботи в одному з каналів КРК 5 (наявність розбіжності даних з іншими каналами або порушення зв'язку), здійснюється логічне відключення даного каналу і в МЗО 8 продовжується обробка й виконання команд від двох діючих напрямків за логікою «2oo2d»;

- контрольна інформація, яка приймається кожним з трьох каналів КРК 5 від двох МЗО 8 обробляється за логікою «2oo2d» та за результатами обробки приймається рішення щодо достовірності даних;

- загальна контрольна-діагностична інформація, яка приймається кожним з трьох каналів КРК 5 від двох МЗО 8 обробляється за логікою «1oo2d» (один із двох з діагностикою);

- контрольна-діагностична інформація, яка приймається приймається автоматизованим робочим місцем електромеханіка 1 від трьох каналів КРК 5 обробляється за логікою «2oo3d» та за результатами обробки приймається рішення щодо достовірності даних;

- перехід МРК-У в захисний стан при порушенні в роботі двох каналів КРК 5;

- перехід МЗО 8 в захисний стан при порушенні в роботі КРК 5, МЗО 8 та при порушенні в роботі двох ліній зв'язку між КРК 5 та МЗО 8.

Описана структура забезпечує таку перевагу корисної моделі МРК-У щодо розглянутих аналогів, як менший об'єм апаратури центрального пристрою за однакової надійності функціонування.

У центральній частині МРК-У - КРК 5 (фіг. 1) реалізована тройована структура (англ. Triplicating) з обробкою інформації за мажоритарною логікою «2oo3», що містить три МпК 6 замість чотирьох ядер логіки (аналоги МпК 6), як у першого аналога, або двох двоканальних контролерів логічних залежностей (аналоги МпК 6), як у другого аналога з резервованою структурою, при однаковій надійності з аналогами, а також має підвищену надійність у порівнянні з другим аналогом з нерезервованою (двоканальною) структурою.

Обґрунтування:

Відповідно до методики, наведеної в публікації "Надійність технічних систем. Довідник. Під ред. І.А. Ушакова. - М.: Радіо й зв'язок, 1985 р.", інтенсивність потоку відмов для системи з р робочих компонентів і n однотипних резервних компонентів визначається за формулою:

$$\lambda_c = \frac{r\lambda^{n+1}C_{p+n}^p}{\mu^n},$$

де:

λ_c - інтенсивність потоку відмов системи з р робочих компонентів і n однотипних резервних компонентів;

λ - параметр потоку відмови одного компонента;

$$C_N^p = \frac{N!}{p!n!},$$

! - знак факторіала,

$N=p+n$ - сумарне число компонентів;

μ - інтенсивність відновлення одного компонента.

Інтенсивність потоку відмов КРК 5 дорівнює (логіка 2oo3, $N=3$; $p=2$; $n=1$):

$$\lambda_{\text{кру}} = \frac{r\lambda^{n+1}C_{p+n}^p}{\mu^n} = \frac{6\lambda_{\text{ок}}^2}{\mu_{\text{ок}}} \quad (1),$$

де

$\lambda_{\text{ок}}$ - інтенсивність потоку відмов МпК 6,

$\mu_{\text{ок}}$ - інтенсивність потоку відновлення МпК 6.

Інтенсивність потоку відмов $\lambda_{\text{кру}}$ однакова для відмови типу "неспрацьовування" і для відмови типу "помилкове спрацьовування".

Для першого та другого аналога з резервованою структурою за тією ж методикою з урахуванням того, що в центральній частині працюють два канали за логікою 1oo2, а в кожному каналі працюють два ядра за логікою 2oo2 (для простоти приймемо, що інтенсивність потоку відмов та інтенсивності відновлення МпК 6 та інтенсивність потоку відмов та інтенсивності відновлення одного ядра однакові):

а) для відмови типу "неспрацьовування":

$$\lambda_{A1} = \frac{8\lambda_{ок}^2}{\mu_{ок}} \quad (2)$$

де λ_{A1} - інтенсивність потоку відмов центральної частини аналогів;
б) для відмови типу "помилкове спрацювання":

$$\lambda_{A1} = \frac{4\lambda_{ок}^2}{\mu_{ок}} \quad (3)$$

Аналіз формул (1), (2), (3) показує, що інтенсивності відмов центральних частин запропонованої МРК-У та аналогів однакові (при однакових частотах відмов типу «неспрацювання» і типу «помилкове спрацювання»). При цьому центральна частина МРК-У містить 3 МпК, а аналоги – по 4 ядра логіки.

Для другого аналога з двоканальною структурою (логіка 1002: $N=2$; $p=1$; $n=1$)

а) для відмови типу «неспрацювання»:

$$\lambda_{A2} = \frac{2\lambda^2}{\mu_{ок}} \quad (4)$$

б) для відмови типу «помилкове спрацювання»:

$$\lambda_{A2} = 2\lambda_{ок} \quad (5)$$

Аналіз формул (1), (4), (5) показує, що в порівнянні зі схемою дублювання каналів обробки (в другому аналогу з двоканальною структурою) у центральній частині МРК-У за рахунок троювання вирішується менша інтенсивність потоків відмов для одного із двох типів несправностей у степеневій залежності. На відміну від другого аналога, у центральній частині МРК-У при прихованій несправності зберігається працездатність (за логікою 2003), що приводить до автоматичної компенсації даного типу відмови й збереження роботоздатності.

Корисна модель відносно розглянутих аналогів забезпечує також такі переваги:

- 1) МРК-У має високу надійність при його оптимальному обсязі.
- 2) МРК-У має можливість розміщення устаткування децентралізовано - у вигляді розділених фрагментів, віддалених один від одного і зв'язаних оптоволоконними каналами зв'язку як у межах однієї станції, так і на декількох сусідніх станціях;
- 3) МРК-У може бути інтегрована як функціональна підсистема у систему мікропроцесорної централізації та у систему автоматичного блокування.

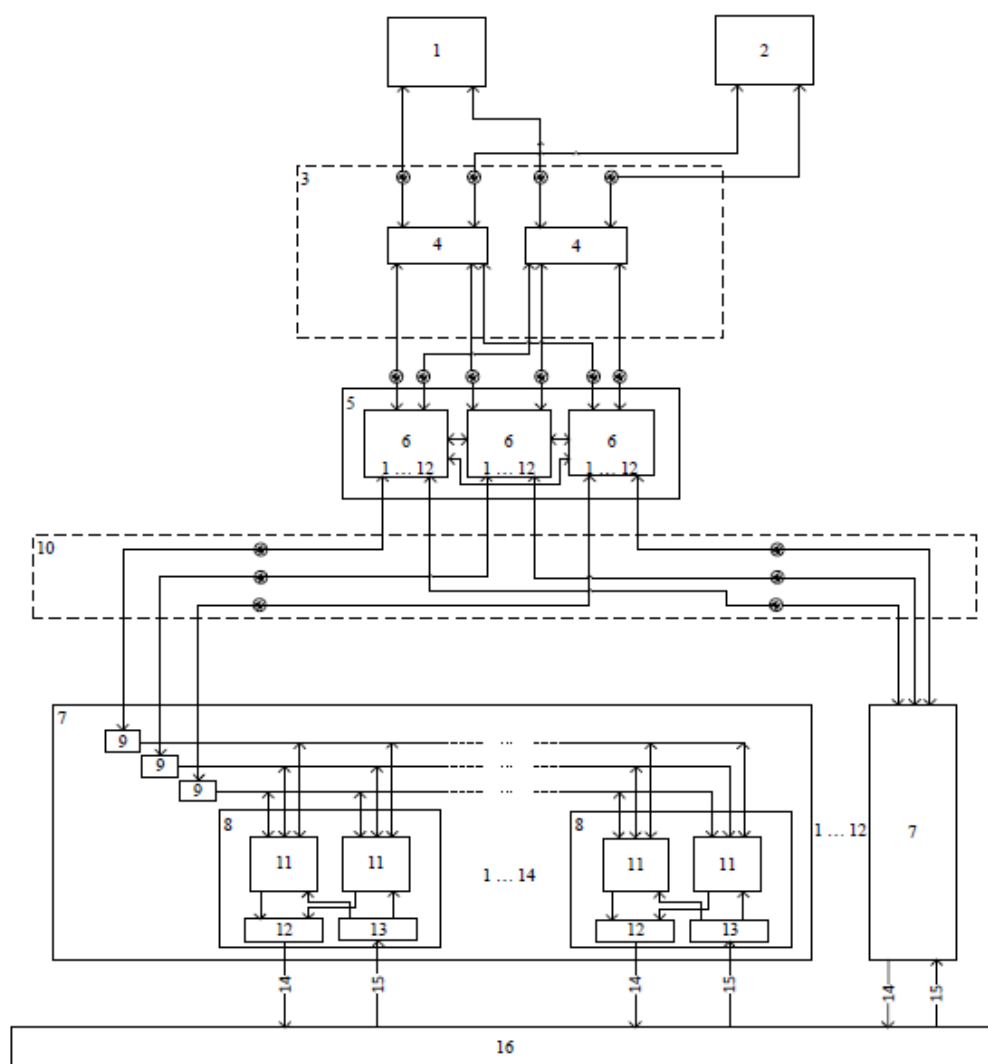


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4