

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 656.256.3

А. М. БЕЗНАРИТНИЙ^{1*}, В. І. ГАВРИЛЮК¹, О. О. ГОЛОЛОВОВА²

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, факс +38 (0562) 471 866, ел. пошта beznarytny.am@gmail.com

¹Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04

²Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта golobova_oksana@i.ua

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРИСТРОЇВ АВТОБЛОКУВАННЯ, МЕТОДІВ ЙОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

Мета. Розробка формалізованого опису роботи системи числового кодового автоблокування на основі аналізу характерних відмов системи автоблокування та методики його технічного обслуговування. **Методика.** Для проведення досліджень було використано теоретико-аналітичний метод. **Результати.** Проаналізовано характерні відмови систем автоблокування, виявлено основні причини їх виникнення. Встановлено, що більшість відмов виникає через недосконалість системи технічного обслуговування. Проаналізовано переваги та недоліки існуючої технології обслуговування автоблокування; виявлено роботи, які можуть бути автоматизовані за допомогою засобів технічного діагностування; проведено формалізований опис системи кодового автоблокування у вигляді графу в просторі станів системи. **Наукова новизна.** Запропоновано граф станів системи числового кодового автоблокування, котрий ураховує поступовий перехід системи від справного стану до втрати працездатності, що дозволяє провести селекцію діагностичної інформації за якісними ознаками та збільшити ефективність відновлювальних робіт в разі виникнення несправності. **Практична значимість.** Отримані результати аналізу й запропонований граф станів можуть бути покладені в основу розробки нових засобів діагностування пристроїв автоблокування, що, у свою чергу, дозволить підвищити ефективність роботи та обслуговування пристроїв автоблокування загалом.

Ключові слова: автоблокування; відмови в роботі; методи технічного обслуговування; граф станів; технічний контроль; моніторинг; діагностування

Вступ

Забезпечення безпеки руху поїздів по залізничних перегонах покладено на систему автоблокування. Автоблокування – це технічний засіб інтервального регулювання руху поїздів на перегоні за сигналами прохідних світлофорів. При відмові під час роботи хоча б однієї сигнальної установки автоблокування поїзд повинен зупинитися, відпустити автогальма і, якщо за цей час на світлофорі не з'явиться

дозволяючий вогонь, може продовжити рух з особливою увагою, швидкістю не більше 20 км/год [5, 7] та готовністю зупинитися.

Враховуючи, що довжина блок-ділянки перегону варіюється від 1 000 до 2 500 м, відмови в роботі пристроїв автоблокування різко негативно впливають на виконання графіку руху поїздів, збільшують витрати електроенергії, призводять до негативних комерційних та експлуатаційних наслідків.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Забезпечення надійності роботи систем автоблокування покладено на систему технічного обслуговування (ТО), яке виконують працівники господарства сигналізації та зв'язку згідно з вимогами інструкцій [6, 9], які регламентують планово-профілактичний метод обслуговування пристроїв автоблокування. За цим методом пристрої автоблокування перевіряються, обслуговуються та замінюються зі встановленою періодичністю, що не дозволяє безперервно контролювати основні параметри сигнальної установки, залишає можливості для неякісного чи фіктивного виконання технічного обслуговування, що може призводити до відмов в роботі пристроїв автоблокування.

Підвищення ефективності обслуговування автоблокування можливе за допомогою використання засобів технічного контролю та моніторингу [1, 2].

Тому актуальним завданням на сьогодні залишається аналіз характерних відмов, що виникають в процесі експлуатації систем автоблокування, аналіз методів обслуговування та технічного контролю стану пристроїв автоблокування, з метою виявлення їх переваг і недоліків та постановки вимог для розробки нових засобів діагностування роботи систем автоблокування.

Мета

Метою роботи є розробка формалізованого опису системи числового кодового автоблокування (ЧКАБ) у вигляді графів станів на основі визначення характерних відмов систем автоблокування та аналізу переваг і недоліків існуючих методів обслуговування, що має стати основою для подальшої розробки системи автоматизованого безперервного контролю та діагностування ЧКАБ.

Методика

Подальша розробка буде здійснюватись за допомогою теоретико-аналітичного методу.

Аналіз характерних відмов пристроїв автоблокування.

Основним критерієм оцінки ефективності роботи будь-якої системи автоблокування є кількість відмов, що сталися в системі за певний період часу.

Як бачимо з аналізу статистичних даних [3], одним із ненадійних елементів автоблокування

є рейкове коло (РК), це обумовлюється складністю обслуговування елементів рейкової лінії, які розосереджені в просторі. Більшість відмов рейкового кола виникає через замикання ізолюючих стиків та інших ізоляційних елементів 29 %, а також через обрив стикових з'єднувачів 20 %. Несправності, що пов'язані з порушенням регулювання рейкового кола становлять 12 % випадків, замикання рейкової лінії через елементи верхньої будови колії та через зовнішні елементи – 16 %, через несправності в апаратурі РК стається 10 % відмов. Несправності ізоляційних елементів пристроїв РК та несправності дросельних перемичок становлять 3 та 4 % відповідно. Несправності через встановлення нетипових дросельних перемичок, зниження опору ізоляції баласту та за невстановлених причин складають по 2 % відповідно всіх пошкоджень рейкових кіл. Розподіл причин відмов рейкових кіл наведені на рис. 1.

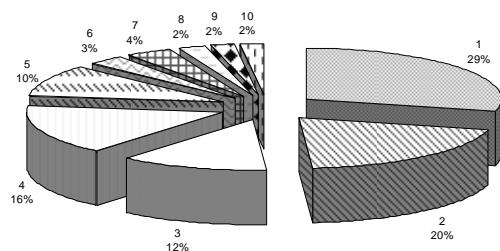


Рис. 1. Розподіл причин відмов рейкових кіл

В системі числового кодового автоблокування сигнальним струмом рейкового кола є кодований сигнал автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС). Це обумовило використання в системі складних шифруючих та дешифруючих пристроїв, швидкодіючих реле, електrolітичних конденсаторів та діодів. Надійна робота цієї апаратури вимагає якісного технічного обслуговування у визначені періоди часу. Найбільша кількість відмов дешифруючої апаратури виникає в наслідок відмови конденсаторів 58 % та діодів 16,8 %, порушення часових та комутаційних параметрів реле викликають 13 % відмов. Збільшення перехідного опору в штепсельних рознімах реле викликають 8,3 % відмов, на інші та невстановлені причини припадає 3,9 % відмов пристроїв шифрування та дешифрування автоблокування [1]. Розподіл причин відмов шифруючої та дешифруючої апаратури автоблокування наведено на рис. 2.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

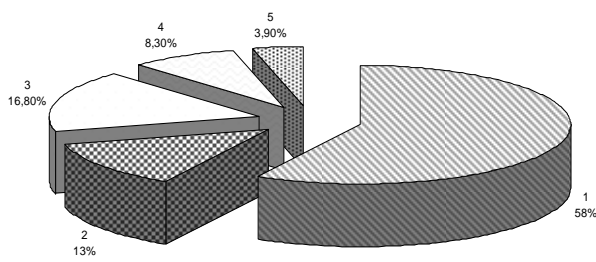


Рис. 2. Розподіл причин відмов шифруючої та дешифруючої апаратури автоблокування

Під час аналізу причин виникнення несправностей в системах автоблокування керівництвом залізниці прийнято розрізняти такі основні причини відмов автоблокування. Загальні експлуатаційні причини, на які припадає більшість відмов 86,5 %. З них через неякісне виконання робіт з технічного обслуговування 37,5 %, невиконання строків перевірок 36 %, неякісну перевірку в ремонтно-технологічних ділянках 6,2 %, з вини постачальників обладнання 12,8 %, через схемно-конструктивні недоліки 1,2 %, порушення правил виконання робіт та похибки при їх виконанні викликають 2,5 та 2,8 % експлуатаційних несправностей відповідно. Незначним чином впливають на роботу автоблокування впливи сторонніх організацій 1 % та вплив грозових і комутаційних перенапруг 2 %. Причини відмов, що не були встановлені, займають 10 % від загальної кількості, з інших причин стається 2 % відмов в роботі пристроїв автоблокування.

Таким чином, більшість відмов систем автоблокування виникає через експлуатаційні недоліки, що можуть бути викликані недосконалістю системи технічного обслуговування, складністю виконання перевірок на сигнальних установках, які розміщені на значній відстані від експлуатаційно-ремонтних цехів, недосконалістю системи контролю за виконанням робіт з ТО та іншими причинами. Для розуміння причин експлуатаційних відмов необхідно виконати аналіз існуючої технології обслуговування пристроїв автоблокування.

Аналіз технології обслуговування пристроїв автоблокування.

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи системи числового кодового автоблоку-

вання (ЧКАБ) необхідне систематичне обслуговування та контроль параметрів всіх елементів системи автоблокування. Всі роботи з технічного обслуговування пристроїв автоблокування виконуються згідно з вимогами інструкцій [5–6] та інших нормативних документів.

Особливості організації технічного обслуговування пристроїв СЦБ на перегонах на відміну від станцій зумовлені великою територіальною розосередженістю пристроїв вздовж лінії залізниці. Цей факт поряд з нерівномірністю розподілу персоналу по ділянці, різним ступенем його укомплектованості і різноманітним характером під'їзних доріг і засобів пересування визначає відмінності у формах організації праці. Для таких ділянок можливі чотири методи обслуговування: метод місцевих бригад, комплексний, централізований і вахтовий. Перші два методи застосовують, якщо персонал проживає на території, що знаходиться поблизу малих станцій; останні два – за відсутності житла персоналу поблизу ділянок обслуговування або низької укомплектованості дільниць. При цьому під методом технічного обслуговування мається на увазі сукупність технологічних та організаційних правил виконання операцій технічного обслуговування і ремонту. Для пристроїв СЦБ, як правило, застосовують періодичне технічне обслуговування, яке передбачає виконання завданого обсягу робіт через точні інтервали часу незалежно від технічного стану пристроїв автоблокування.

Основним сигнальним пристроєм в системі автоблокування є світлофор, тому забезпеченню надійної роботи та чіткої видимості прохідних світлофорів приділяється значна увага. Перевірка видимості сигнальних вогнів світлофорів з колії виконується після кожної заміни ламп або лінзового комплекту, але не рідше ніж два рази на рік. При цьому візуально перевіряється відповідність дальності видимості сигнальних показань того вогню, який в певний момент горить на світлофорі, встановленим вимогам [8]. Перевірка видимості сигнальних вогнів на головних коліях перегонів з локомотива, а також дії локомотивної сигналізації та відповідності показань колійного і локомотивного світлофорів виконується старшим електромеханіком і машиністом локомотива раз на місяць. Існують декілька типів робіт з обслуговування прохідних світлофорів, що пов'язані

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

з необхідністю виміру напруги на лампах світлофора. До них відносяться: вимірювання напруги на лампах світлофорів при денному режимі живлення, що виконується при заміні ламп, але не рідше ніж один раз на рік при використанні одноступових ламп та один раз на два роки при використанні двоступових ламп, з можливістю переходу на резервну нитку; вимірювання напруги на лампах світлофорів при аварійному та нічному живленні та перевірка дії схеми подвійного зниження напруги, які виконуються електромеханіком перед введенням пристроїв в експлуатацію. Цими перевітками встановлюється відповідність між фактичною напругою на лампі світлофора та нормами.

Важливішим елементом обслуговування системи технічного обслуговування системи автоблокування є обслуговування та перевірка параметрів апаратури. При обслуговуванні пристроїв автоблокування виникають дві основні проблеми. По-перше, апаратура автоблокування розташована в релейних шафах на перегонах, тому електромеханік має змогу виконати перевірку лише основних параметрів. По-друге, складна структура пристроїв, які використовуються в системі, що зумовлює необхідність перевірки багатьох параметрів, які неможливо перевірити безпосередньо на сигнальній установці. Тому обслуговування зйомних пристроїв виконується в ремонтно-технологічній ділянці (РТД) дистанції сигналізації та зв'язку згідно з графіком періодичної перевірки пристроїв. Під час перевірки стану приладів звертають увагу на порушення цілості контактів, їх обгорання, а для вугільних контактів на наявність тріщин, вищербини, випадіння гвинтів, гайок або інших деталей всередині реле, а також помітне ослаблення їхнього кріплення, поява іржі або плісняви всередині реле, порушення цілості кожуха, явне порушення встановленого зазору між контактами, обмерзання контактів реле, помітне неодноразове замикання і розмикання контактів, спучування і потьокки електроліту, електролітичних конденсаторів, підгорання резисторів або обмоток, контактування електричних ланцюгів через торкання струмонесучих частин приладів, зменшення зазору між наконечниками монтажних проводів, неякісну пайку, порушення строків перевірки, відсутність етикеток, пломб або відбитків на реле в місцях, призначених для пломбування та доступних для зовнішнього огляду [11].

Перевірка стану приладів і штепсельних розеток в опалювальних і неопалювальних приміщеннях електромеханік виконує раз на рік оглядом з боку монтажу, а приладів, що працюють в імпульсному або циклічному режимі, два рази на рік. Для штепсельних розеток, встановлених в релейних шафах, зовнішній огляд доповнюють виміром залишкової напруги на сигнальних, лінійних, колійних реле і їх повторювачах.

Вимірювання напруги на електролітичних конденсаторах і випрямлячах блоків дешифратора кодового автоблокування виконується електромеханіком раз у квартал. Виміри всіх параметрів апаратури сигнальної точки виконуються на вимірювальній панелі.

Система числового кодового автоблокування побудована таким чином, що інформація про стан попередніх блок-ділянок передається по рейковому колу сигналами АЛС, тому для виконання своїх основних функцій система ЧКАБ не потребує кабельних ліній. Попри це кабельні лінії автоблокування виконують важливі функції по забезпеченню подвійного зниження напруги та диспетчерського контролю по лінії ДСН-ОДСН, сповіщення про наближення поїзда до станції по лінії И-ОИ, можливість зміни напрямку на перегоні по лінії Н-ОН, та контроль напрямку руху при чотирипроводній схемі зміни напрямку по лінії К-ОК.

В процесі обслуговування кабельних ліній старший електромеханік та електромеханік СЦБ 2 рази на рік виконують вимірювання всіх жил кабелю, у тому числі запасних, щодо землі при виявленні зниження опору ізоляції кожної жили кабелю, в перерахунку на 1 км довжини менше встановлених норм, але не нижче 15 МОм, контроль опору ізоляції виконується раз на місяць. При подальшому зниженні ізоляції кабелю менше 15 МОм на 1 км довжини повинні ремонтуватися протягом не більше п'яти діб з моменту виявлення заниження ізоляції, а до усунення причин пошкодження ізоляція такого кабелю контролюється електромеханіком щодня [9].

Аналіз відмов системи числового кодового автоблокування показує, що велика кількість відмов системи приходить на елементи рейкових кіл, тому їх обслуговуванню приділяється особлива увага.

Особливістю обслуговування рейкових кіл є поділ робіт між працівниками дистанцій колії,

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

сигналізації та зв'язку, енергопостачання. Такий поділ робіт вимагає злагодженої роботи та тісної взаємодії між собою персоналу цих підрозділів.

Перевірку стану рейкових кіл на перегоні виконують спільно електромеханік та дорожній майстер чи бригадир колії не рідше ніж раз на місяць, при цьому перевіряють стан елементів рейкових кіл, надійність їхніх кріплень та правильність їхніх встановлення, особливу увагу приділяють наявності рейкових з'єднувачів. Також перевіряється правильність і щільність заземлень, наявність зазору між подошвою рейки і баластом, перевіряється стан баласту і водовідводів. Одним із ненадійних елементів рейкового кола є ізолюючий стик, тому виконується вимірювання параметрів усіх ізолюючих стиків на перегоні. Раз у квартал електромеханік виконує вимірювання напруги на колійних реле рейкових кіл на перегоні. До того ж вимірювання виконуються також після закінчення виконання нових робіт, при введенні пристроїв в експлуатацію, заміни апаратури рейкових кіл, а також після їх регулювання [6].

Струм АЛС в рейках на входному кінці рейкового кола і тривалість першого інтервалу між

імпульсами кодового циклу вимірюється електромеханіком і електромонтером раз на рік, а також при визначенні причин збою в роботі пристроїв АЛС, після регулювання параметрів, заміни кодової апаратури рейкового кола і за результатами перевірки пристроїв АЛС вимірювальним комплексом вагона-лабораторії [10].

Перетини залізничних колій з автомобільними шляхами на одному рівні обладнуються пристроями автоматичної переїзної сигналізації (АПС). Під час обслуговування пристроїв АПС перевіряється стан акумуляторної батареї зовнішнім оглядом та шляхом вимірювання напруги та щільності електроліту, стан і взаємодія частин електропривода та електродвигуна, стан кінцевих вимикачів і монтажу електропривода автошлагбаума, струм електродвигуна при нормальній роботі та роботі на фрикцію, справність роботи звукових сигналів, видимість та частота мигання переїзних світлофорів, стан щитка управління та елементів рейкового кола [4]. Основні роботи з технічного обслуговування пристроїв автоблокування, періодичність цих робіт та можливості їх виконання засобами технічного діагностування зведено у табл. 1.

Таблиця 1

Заходи з технічного обслуговування пристроїв автоблокування

Пункт інструкції	Опис роботи	Виконання засобами існуючої технології обслуговування	Виконання засобами технічного діагностування
Обслуговування прохідних світлофорів			
8.1 ЦШ-0060	Перевірка видимості сигнальних вогнів світлофорів з колії	ШН і ШЦМ візуально не рідше раз на рік	Не виконується
8.2 ЦШ-0060	Перевірка видимості сигнальних вогнів світлофорів з локомотива, а також дії локомотивної сигналізації та відповідності показань колійного і локомотивного світлофорів	ШНС та машиніст раз на місяць	Локомотивним пристроєм контролю локомотивної сигналізації при проходженні поїзда по ділянці
8.6 ЦШ-0060	Вимірювання напруги на лампах прохідних світлофорів: після зміни ламп	ШН у встановлені строки зміни ламп	Постійно пристроями вимірювання безперервних величин
8.7 ЦШ-0060	Те саме в аварійному та нічному режимі	При вводі пристроїв в експлуатацію	Якщо є потреба
8.8 ЦШ-0060	Те саме в режимі ДСН	При вводі пристроїв в експлуатацію	Якщо є потреба

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Закінчення табл. 1

Пункт інструкції	Опис роботи	Виконання засобами існуючої технології обслуговування	Виконання засобами технічного діагностування
Обслуговування апаратури автоблокування			
12.1 ЦШ-0060	Зовнішня перевірка стану приладів, штепсельних розеток	ШН раз на рік	Не виконується
12.3 ЦШ-0060	Вимірювання напруги на електролітичних конденсаторах і випрямлячах блоків дешифратора	ШН раз в квартал	Постійно пристроями вимірювання безперервних величин
12.6 ЦШ-0060	Періодична заміна реле, блоків, іншої апаратури для перевірки характеристик в РТД	ШНС і ШН 2 рази на рік	При виявленні відхилень параметрів від норми
Обслуговування кабельних ліній			
ТК 58 ЦШ-0042	Вимірювання опору ізоляції всіх жил кабелю	ШНС і ШН 2 рази на рік	Раз на день пристроями контролю опору ізоляції
Обслуговування рейкових кіл на перегоні			
10.1 ЦШ-0060	Перевірка рейкових кіл на перегонах	ЩН і ПДБ раз на місяць	Постійний контроль замикання ізолюючих стиків та часових параметрів коду АЛС
10.3 ЦШ-0060	Вимірювання напруги на колійних реле та колійних приймачах рейкових кіл	ШН раз на квартал	Постійно пристроєм контролю безперервних параметрів
10.7 ЦШ-0060	Вимірювання кодового струму АЛС в рейках	ШН і ЩЦМ раз на рік	Під час проїзду поїзда пристроями контролю сигналу АЛС на локомотиві та часових параметрів коду АЛС
Перевірка автоматичної переїзної сигналізації			
ТК 45а ЦШ-0042	Комплексне обслуговування пристроїв автоматичної переїзної сигналізації з автошлагбаумом	ШН і ШНС раз на квартал	Постійно пристроями контролю безперервних параметрів
13.1 ЦШ-0060	Комплексне обслуговування і перевірка дії пристроїв на переїздах	ШН раз на тиждень на переїздах з автобусним рухом без автоматичного контролю	Раз на день засобами контролю безперервних параметрів та пристроєм контролю акумуляторної батареї

Аналіз можливих станів системи числового кодового автоблокування.

Як бачимо з табл. 1, більшість функцій з обслуговування пристроїв автоблокування можливо автоматизувати, використовуючи засоби технічної діагностики. Під час розробки діагностичних систем виникає необхідність визначення кінцевої кількості станів, в яких може перебувати об'єкт діагностування.

Згідно з класичною теорією діагностування несправним об'єкт діагностування вважається, якщо будь-який параметр, який контролюється, виходить за межі встановленої норми; під справним об'єктом мається на увазі об'єкт, який відповідає всім вимогам, що до нього висуваються згідно з нормативно-технічною документацією [11].

При такому підході, навіть найменший вихід з норми будь-якого параметра роботи системи

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

повинен негайно виявлятися діагностичною системою як відмова, та сповіщати про це обслуговуючий персонал, вимагаючи негайного усунення виявленого недоліку. У ході аналізу роботи існуючих діагностичних систем [13] було з'ясовано, що такий підхід не є ефективним. Виходячи з цього, розробниками системи автоблокування було закладено певну різницю між значеннями параметрів, що вимагає нормативно-технічна документація, та значеннями, при яких система втрачає стабільність роботи. Враховуючи ці факти, можна стверджувати, що існує декілька станів в несправній системі, які повинні виявлятися діагностичною системою. При цьому діагностична інформація, що передається до обслуговуючого персоналу, потребує селекції за критерієм її тривожності, тобто наближення параметра, що контролюється, до значення, при якому система може втратити працездатність.

Під працездатним станом об'єкта діагностування мається на увазі стан системи, при якому всі параметри, що впливають на можливість системи виконувати задані функції, знаходяться в межах норми. Коли система є працездатною, то вважається, що вона функціонує в штатному режимі [15–16].

Під непрацездатним станом можна мати на увазі множину станів, при яких один чи більше основних параметрів вийшов з норми. Але після аналізу роботи системи автоблокування виявлено, що незначне відхилення одного основного параметра не призводить до моментальної втрати працездатності системи, таким чином система діагностування може визначати деяку вірогідність виникнення відмови залежно від значення відхилення основного параметра від норми. Також в множині непрацездатних станів необхідно виділяти захисний стан, при якому система автоблокування виконує функцію огородження блок-ділянки за світлофором, та стан небезпечної відмови, при якому система втрачає функцію забезпечення безпеки руху поїздів.

Виходячи з проаналізованих даних, побудовано граф станів системи автоблокування у вигляді кола з дискретними станами та дискретним часом, який наведено на рис. 3, де прийняті такі скорочення:

S1 – стан системи справний, всі параметри, що контролюються, в межах норми;

S2 – стан системи працездатний, але хоча б один контрольований параметр вийшов із норми несуттєво;

S3 – стан системи працездатний, але один чи більше параметрів різко відрізняються від норми;

S4 – система в передвідмовному стані, хоча б один параметр наближається до відмови;

S5 – відмова хоча б одного елемента, проте система продовжує виконувати основні свої функції;

S6 – система непрацездатна, знаходиться в захисному стані;

S7 – навмисне порушення технології обслуговування (що не виявлено методами технічного діагностування);

S8 – в системі є відмова, яка може становити небезпеку для руху поїздів.

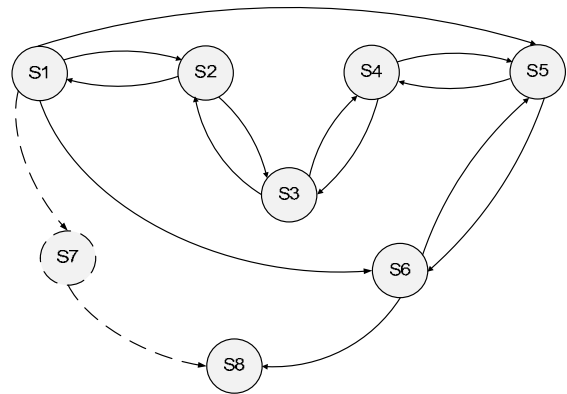


Рис. 3. Граф станів системи числового кодового автоблокування

Проаналізувавши наведений граф, можна встановити основне завдання для системи технічного діагностування системи числового кодового автоблокування: виявлення, в якому з перелічених станів знаходиться система автоблокування.

При цьому завдання перевірки справності системи полягає у виявленні в об'єкті діагностування будь-якої несправності; система діагностування повинна виявляти стани S2–S5.

Другим завданням діагностичної системи є виявлення станів, що можуть призвести до непрацездатного стану. При перевірці працездатності, діагностична система повинна виявляти стани S6 та S8 системи автоблокування.

Таким чином, запропонований граф станів системи числового кодового автоблокування може бути покладений в основу розробки діагностичної системи з функцією селекції діагностичної інформації за її якісними показниками.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Результати

В результаті аналізу характерних відмов, що виникають в процесі роботи системи ЧКАБ, з'ясовано, що більшість відмов стається через експлуатаційні причини, що зумовлені недосконалістю системи технічного обслуговування.

Проаналізувавши існуючу планово-профілактичну модель обслуговування автоблокування, можна зробити висновок, що встановлена періодичність перевірок та умови їх проведення не дозволяють вчасно виявляти передвідмовні стани системи ЧКАБ. Зменшення періодичності перевірок при встановленій моделі обслуговування призводить до значного збільшення експлуатаційних витрат та не гарантує підвищення якості обслуговування, що зумовлює необхідність використання автоматизованих засобів діагностування пристроїв автоблокування.

Запропонований граф станів системи ЧКАБ дозволяє врахувати ступінь наближення системи до непрацездатного стану. Цей граф може бути використаний під час побудови системи технічного діагностування, що дозволить виконати поступовий перехід від планово-профілактичної моделі обслуговування до обслуговування за фактичним станом пристроїв автоблокування.

Наукова новизна та практична значимість

В результаті виконаного аналізу відмов системи автоблокування та існуючої планово-профілактичної системи технічного обслуговування пристроїв ЧКАБ визначено, що подальше скорочення термінів між регламентними роботами призводить до суттєвих витрат, але не гарантує безвідмовної роботи систем регулювання руху поїздів, які є морально застарілими в розвитку залізничної автоматики на сьогодні.

Для розробки автоматизованої системи безперервного контролю та діагностування ЧКАБ запропоновано граф станів автоблокування, який дозволяє контролювати поступовий перехід системи від повністю справного стану до втрати працездатності та адекватно реагувати на виявлені в системі несправності.

Висновки

Після аналізу відмов системи числового кодового автоблокування з'ясовано, що при існуючій технології обслуговування в процесі експлуатації виникає значна кількість відмов, які негативно впливають на показники якості роботи дільниць залізниці.

Подальший розвиток технології обслуговування пристроїв ЧКАБ вимагає впровадження автоматизованих систем діагностування. Під час розробки таких систем необхідно враховувати, що перехід від справного до непрацездатного стану автоблокування відбувається поступово і можна виділити декілька передвідмовних станів системи, які потребують відповідної реакції з боку експлуатаційного та ремонтно-відновлювального персоналу. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність обслуговування системи автоблокування та якість відновлення системи після виникнення відмови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биргер, И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.
2. Бойник, А. Б. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах : учеб. пособие / под ред. А. Б. Бойника. – Харьков : УкрГАЗТ, 2005. – 256 с.
3. Дмитренко, И. Е. Техническая диагностика и автоконтроль / И. Е. Дмитренко. – М. : Транспорт, 1986. – 144 с.
4. Дунаев, Д. В. Анализ отказов и методы контроля рельсовых цепей / Д. В. Дунаев, И. О. Романцев, В. И. Гаврилюк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2010. – Вип. 32. – С. 212–217.
5. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України. УД-0058 : Наказ № 507 від 31.08. 2005 р. / М-во трансп. та зв'язку України. – К., 2005. – 257 с.
6. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). ЦШ-0060 : Наказ Держ. адмін. залізн. трансп. України від 07.10. 2009 № 090-УЗ / М-во трансп. та зв'язку України. – К., 2009. – 111 с.
7. Казаков, А. А. Системы интервального регулирования движения поездов / А. А. Казаков, В. Д. Бубнов, Е. А. Казаков. – М. : Транспорт, 1986. – 399 с.
8. Правила технічної експлуатації залізниць України, затв. наказом М-ва трансп. України № 411 від 20 грудня 1996 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97>. – Назва з екрана.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

9. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування (ЦШ-0042), затв. наказом № 347-ЦЗ Держ. адмін. залізн. трансп. України від 26 квітня 2006 р. – К., 2006. – 560 с.
10. Романцев, І. О. Визначення струму автоматичної локомотивної сигналізації при централізованому розміщені апаратури автоблокування / І. О. Романцев // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2012. – Вип. 42. – С. 20–23.
11. Сфарбаков, А. М. Основы технической диагностики : учеб. пособие / А. М. Сфарбаков, А. В. Лукьянов, С. В. Пахомов. – Иркутск : ИрГУПС, 2006. – 216 с.
12. Тарасов, Б. Н. Автоблокировка и автоматическая локомотивная сигнализация : учеб. пособие / Б. Н. Тарасов, Я. Ю. Плавник. – М. : Транспорт, 1988. – 239 с.
13. Федорчук, А. Е. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ / А. Е. Федорчук, А. А. Сепетий, В. Н. Иванченко. – Ростов : РостГУПС, 2008. – 443 с.
14. Чередков, М. Н. Устройства СЦБ, их монтаж и обслуживание : учеб. для техникумов / М. Н. Чередков. – М. : Транспорт, 1982. – 200 с.
15. Shingler, R. From RCM to predictive maintenance: the InteGRail approach / R. Shingler, G. Fadin, P. Umiliacchi // 4th IET Intern. Conf. on Railway Condition Monitoring. – Derby, 2008. – P. 62–68.
16. Turning Railways into an Intelligent Transportation System by better Integration / P. I. Umiliacchi, Didier van den Abeele, P. F. Dings, V. D. Recagno // Management and Exchange of Information ITS World Congress. – Stockholm, 2009. – P. 104–109.

А. М. БЕЗНАРЫТНЫЙ^{1*}, В. И. ГАВРИЛЮК¹, О. А. ГОЛОЛОВОВА²

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, факс +38 (0562) 471 866, эл. почта beznarytny.am@gmail.com

¹Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04

²Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта gololobova_oksana@i.ua

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОБЛОКИРОВКИ, МЕТОДОВ ЕЁ ОБСЛУЖИВАНИЯ И КОНТРОЛЯ

Цель. Разработка формализованного описания системы числовой кодовой автоблокировки на основе анализа характерных отказов системы автоблокировки и методики её технического обслуживания. **Методика.** Для проведения исследований был использован теоретико-аналитический метод. **Результаты.** Проанализированы характерные отказы систем автоблокировки, обнаружены основные причины их возникновения. Установлено, что большинство отказов возникает из-за несовершенства системы технического обслуживания. Проанализированы преимущества и недостатки существующей технологии обслуживания автоблокировки; обнаружены работы, которые могут быть автоматизированы с помощью средств технического диагностирования; проведено формализованное описание системы числовой кодовой автоблокировки в виде графа в пространстве состояний системы. **Научная новизна.** Предложен граф состояний системы числовой кодовой автоблокировки, учитывающий постепенный переход системы от исправного состояния к потере работоспособности, который позволяет провести селекцию диагностической информации по качественным признакам и увеличить эффективность восстановительных работ в случае возникновения неисправности. **Практическая значимость.** Полученные результаты анализа и предложенный граф состояний могут быть положены в основу разработки новых средств диагностирования устройств автоблокировки, что, в свою очередь, позволит повысить эффективность работы и обслуживание устройств автоблокировки в целом.

Ключевые слова: автоблокировка; отказы в работе; методы технического обслуживания; граф состояний; технический контроль; мониторинг; диагностирование

A. M. BEZNARYTNYI^{1*}, V. I. GAVRILYUK¹, O. O. GOLOLOBOVA²

^{1*}Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, fax +38 (0562) 471 866, e-mail beznarytny.am@gmail.com

¹Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04

²Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail gololobova_oksana@i.ua

CURRENT STATE ANALYSIS OF AUTOMATIC BLOCK SYSTEM DEVICES, METHODS OF ITS SERVICE AND MONITORING

Purpose. Development of formalized description of automatic block system of numerical code based on the analysis of characteristic failures of automatic block system and procedure of its maintenance. **Methodology.** For this research a theoretical and analytical methods have been used. **Findings.** Typical failures of the automatic block systems were analyzed, as well as basic reasons of failure occur were found out. It was determined that majority of failures occurs due to defects of the maintenance system. Advantages and disadvantages of the current service technology of automatic block system were analyzed. Works that can be automatized by means of technical diagnostics were found out. Formal description of the numerical code of automatic block system as a graph in the state space of the system was carried out. **Originality.** The state graph of the numerical code of automatic block system that takes into account gradual transition from the serviceable condition to the loss of efficiency was offered. That allows selecting diagnostic information according to attributes and increasing the effectiveness of recovery operations in the case of a malfunction. **Practical value.** The obtained results of analysis and proposed the state graph can be used as the basis for the development of new means of diagnosing devices for automatic block system, which in turn will improve the efficiency and service of automatic block system devices in general.

Keywords: automatic block system; failures; methods of maintenance; state graph; technical control; monitoring; diagnostics

REFERENCES

1. Birger I.A. *Tekhnicheskaya diagnostika* [Technical diagnostics]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1978. 240 p.
2. Boynik A.B. *Sistemy intervalnogo regulirovaniya dvizheniya poyezdov na peregonakh* [Interval regulation systems of train movements on sidings]. Kharkov, UkrGAZhT Publ., 2005. 256 p.
3. Dimitrenko I.Ye. *Tekhnicheskaya diagnostika i avtokontrol* [Technical diagnostics and auto control]. Moscow, Transport Publ., 1986. 144 p.
4. Dunayev D.V., Romantsev I.O., Gavrilyuk V.I. Analiz otkazov i metody kontrolya relsovykh tsepey [Failure analysis and control methods of track circuits]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznichnoho transportu* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport], 2010, no. 32, pp. 212-217.
5. *Instruktsiia z rukhu poizdiv i manevrovii roboti na zaliznytsiakh Ukrainy* [Instruction of train movements and shunting work on the railways of Ukraine]. Kyiv, M-vo transp. ta zviazku Ukrainy Publ., 2005. 257 p.
6. *Instruktsiia z tekhnichnoho obsluhovuvannia prystroiv syhnalizatsii, tsentralizatsii ta blokuvannia* [Instruction on devices maintenance of signaling, centralization and blocking]. Kyiv, Derzh. admin. zalizn. transp. Ukrainy Publ., 2009. 69p.
7. Kazakov A.A., Bubnov V.D., Kazakov Ye.A. *Sistemy intervalnogo regulirovaniya dvizheniya poyezdov* [Interval regulation systems of train movements]. Moscow, Transport Publ., 1986. 399 p.
8. *Pravyly tekhnichnoi ekspluatatsii zaliznyts Ukrainy* (Rules of technical exploitation of railways in Ukraine). Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97> (Accessed 10 December 2013).
9. *Prystroiv syhnalizatsii, tsentralizatsii ta blokuvannia. Tekhnolohiia obsluhovuvannia* [Devices of signaling, centralization and blocking. Technology service]. Kyiv, Derzh. admin. zalizn. transp. Ukrainy Publ., 2006. 560 p.
10. Romantsev I.O. Vyznachennia strumu avtomatichnoi lokomotyvnoi syhnalizatsii pry tsentralizovanomu rozmishcheni aparatury avtoblokuvannia [Determination of the automatic locomotive signaling current in central placement of autolock equipment]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu*

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

- zaliznichnoho transportu* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport], 2012, no. 42, pp. 20-23.
11. Sfarbakov A.M., Lukyanov A.V., Pakhomov S.V. *Osnovy tekhnicheskoy diagnostiki* [Fundamentals of technical diagnostics]. Irkutsk, IrGUPS Publ., 2006. 216 p.
 12. Tarasov B.N., Plavnik Ya.Yu. *Avtoblokirovka i avtomaticheskaya lokomotivnaya signalizatsiya* [Automatic block system and automatic locomotive signaling]. Moscow, Transport Publ., 1988. 239 p.
 13. Fedorchuk A.E., Sepetyy A.A., Ivanchenko V.N. *Novyye informatsionnyye tekhnologii: avtomatizatsiya tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa ustroystv ZhAT* [New information technologies: the automation of technical diagnostics and monitoring of RAT devices]. Rostov, RostGUPS Publ., 2008. 443 p.
 14. Cheredkov M.N. *Ustroystva STsB, ikh montazh i obsluzhivaniye* [Signaling devices, their installation and maintenance]. Moscow, Transport Publ., 1982. 200 p.
 15. Shingler R., Fadin G., Umiliacchi P. From RCM to predictive maintenance: the InteGRail approach. 4th IET Int. Conf. on Railway Condition Monitoring, 2008, pp. 62-68.
 16. Umiliacchi P.I., Didier van den Abeele, Dings P.F., Recagno V.D. Turning Railways into an Intelligent Transportation System by better Integration. Management and Exchange of Information ITS World Congress, 2009, pp. 104-109.

Стаття рекомендована до публікації к.т.н., доц. О. М. Самковим (Україна); д.фіз.-мат.н., проф. О. В. Коваленком (Україна)

Надійшла до редколегії 10.12.2013

Прийнята до друку 29.01.2014