

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

РАДКОВСЬКИЙ Сергій Олександрович

УДК 656.25:656.256:656.257

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Автоматика та комп’ютерні системи управління” Української державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України

Науковий керівник

Кандидат технічних наук, професор

Поддубняк Володимир Йосипович, Донецький інститут залізничного транспорту, ректор

Офіційні опоненти

Доктор фізико – математичних наук, професор

Гаврилюк Володимир Ілліч, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені В.А. Лазаряна, кафедра “Автоматика, телемеханіка та зв’язок”, завідувач кафедри

кандидат технічних наук

Скобцов Вадим Юрійович, Інститут прикладної математики та механіки НАН України, відділ “Теорія керуючих систем”, науковий співробітник

Провідна установа

Київський університет економіки і технологій транспорту, кафедра “Автоматика, телемеханіка, зв’язок та обчислювальна техніка”, Міністерство транспорту України, м. Київ

Захист відбудеться “___” _____ р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту, Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

Автореферат розісланий “___” _____ 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Фалендиш А.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Організація залізничних перевезень при забезпеченні безперебійного і безпечного руху поїздів багато в чому залежить від надійної роботи пристроїв залізничної автоматики. Порушення функціонування систем централізації і блокування через відмови та збої в їх роботі можуть призвести до перерв у русі поїздів, а також знизити безпеку функціонування всього транспортного комплексу.

Результати проведених у різний час досліджень з аналізу статистичних даних про відмови та експлуатаційну надійність пристроїв автоматики показали, що існуюча система технічного обслуговування підтримує на визначеному рівні такі параметри як інтенсивність відмов, час відновлення, параметр потоку відмов на одиницю технічної оснащеності і практично не призводить до їх зменшення. Підвищення ефективності процесу технічного обслуговування пристроїв автоматики можливе при його автоматизації на основі поступового переходу до системи технічного обслуговування по фактичному стану, при якій усі профілактичні і ремонтні роботи здійснюються в залежності від дійсного технічного стану контрольованих об'єктів.

Однак на сьогоднішній день існують поодинокі випадки впровадження автоматизованих систем контролю та визначення технічного стану, що не впливає на ситуацію в масштабах усього господарства сигналізації та зв'язку. У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення засобів автоматизації процесів контролю технічного стану пристроїв залізничної автоматики.

Актуальність теми. Наявні технічні засоби й теоретичні розробки в галузі автоматизованого контролю та діагностування систем залізничної автоматики та телемеханіки (ЗАТ) не можуть у повному обсязі забезпечити якісні показники перспективної системи технічного обслуговування по дійсному стану. В існуючих системах контролюються тільки прості відмови в основному шляхом їх фіксації на апаратному рівні, із застосуванням різноманітних датчиків аналогового та дискретного типів. Крім того, у розглянутих системах відсутня можливість автоматичної інтерпретації статистичних даних про стани контрольованих пристроїв і про відмови в них. Тому сучасні системи діагностування та автоконтролю не знаходять широкого застосування на залізницях України. Однак в останній час системи залізничної автоматики (у тому числі і системи електричної централізації) продовжують використовуватися і після запланованого періоду експлуатації, тому в такий період найбільш гостро стоїть задача контролю їх працездатності.

Таким чином, виникає потреба у вирішенні актуальної наукової задачі удосконалення рівня автоматизації процесів контролю та оцінки технічного стану систем електричної централізації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до Концепції та Програми реструктуризації

залізничного транспорту України, Постанови Кабінету Міністрів України про затвердження Концепції створення й функціонування національної мережі транспортних коридорів, а також до науково-дослідної роботи за темою “Розробка автоматизованої системи виявлення та аналізу умов затримок поїздів”, державний реєстраційний № 0102U006314, інв. № 0203U000983.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення рівня автоматизації процесів контролю та оцінки технічного стану систем електричної централізації, для підвищення ефективності технічного обслуговування розглянутих приладів.

Поставлена мета визначила такі основні задачі дослідження:

- виконати аналіз способів автоматизації контролю відмов у системах централізації стрілок та сигналів;
- сформулювати абстрактну задачу контролю технічного стану систем електричної централізації як сукупність операцій над внутрішніми станами об'єктів контролю;
- обґрунтувати вибір математичного апарату теорії нечітких множин для визначення відмов об'єктів та систем електричної централізації;
- розробити методи і моделі, що дозволяють автоматизувати процеси контролю й оцінки технічного стану пристроїв електричної централізації;
- синтезувати моделі позаштатних ситуацій, що виникають у системах електричної централізації;
- розробити методику аналізу технічного стану системи електричної централізації, використовуючи опис даного складного об'єкта контролю у вигляді математичної моделі.

Об'єкт дослідження. Системи електричної централізації.

Предмет дослідження. Технічний стан систем електричної централізації.

Методи дослідження. Теорія дискретних динамічних систем, теорія множин, теорія графів, теорія скінчених автоматів, опис об'єкта на основі ланцюгів Маркова, лінійних стаціонарних динамічних систем (ЛСДС), а також елементи теорії нечітких множин, математичної статистики та теорії надійності.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі вирішена наукова задача щодо отримання нових теоретичних і експериментальних результатів у галузі автоматизації процесів контролю та оцінки технічного стану систем електричної централізації.

Вперше створено та запропоновано:

- метод контролю відповідності параметрів функціонування об'єктів електричної централізації нормативним значенням з використанням параметричного підходу до побудови функції належності нечіткої змінної;
- моделі оцінки технічного стану об'єктів електричної централізації на основі їх відображення у вигляді нечітких граф – моделей, які дозволяють автоматизувати процес визначення працездатності контрольованих пристроїв;

– моделі визначення позаштатних ситуацій у системах електричної централізації на основі їх опису в часовій псевдофізичній логіці з використанням елементів теорії нечітких множин.

Набула подальшого розвитку постановка задачі контролю технічного стану у вигляді принципу співвіднесення внутрішніх станів контрольованого та еталонного об'єктів.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів зумовлена коректністю постановки та вирішення задач, коректністю використаного математичного апарату та адекватністю розроблених моделей реальним процесам функціонування об'єктів контролю. Підтвердженням достовірності є задовільний збіг результатів моделювання з результатами експериментальних досліджень, що підтверджені результатами обробки натурних спостережень.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновані метод контролю відповідності параметрів функціонування та моделі оцінки технічного стану об'єктів електричної централізації дозволяють автоматизувати контроль їх працездатності на поточний момент часу, а також виявити відмови й усунути їх раніше, ніж вони вплинуть на перевізний процес.

Розроблені моделі визначення позаштатних ситуацій у системах електричної централізації дозволяють підвищити рівень автоматизації процесу виявлення й аналізу причин затримок поїздів, а також виключити витрати на несвоєчасні зупинки поїздів за рахунок визначення й усунення несправностей пристроїв централізації.

Рівень реалізації і впровадження наукових розробок. Основні результати і розроблені методи та моделі, які дозволяють автоматизувати процеси контролю й оцінки технічного стану об'єктів та систем електричної централізації, використані і впроваджені на станції Технічна Київ-Пасажирська Південно-Західної залізниці, а також у навчальний процес ДонІЗТ при вивченні дисципліни “Спецвимірювання та технічна діагностика”. Результати дисертаційної роботи використані у науково-дослідній роботі на тему “Розробка автоматизованої системи виявлення та аналізу умов затримок поїздів”, державний реєстраційний № 0102U006314, у якій автор брав участь як виконавець, і впроваджені у вигляді математичних моделей позаштатних ситуацій, які виникають при відмовах у системах ЕЦ і алгоритмів їхнього визначення.

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. У публікаціях у співавторстві автору належать: у роботі [1] проаналізовані напрямки удосконалення автоматизації контролю відмов у пристроях автоматики та телемеханіки; у роботі [2] запропоновані моделі функціонування об'єктів електричної централізації на базі теорії графів, показана обмежена можливість застосування даної теорії до визначення відмов; у роботі [3] на основі аналізу станів об'єкта електричної централізації стрілки показана можливість застосування теорії нечітких множин для

контролю й оцінки технічного стану даного об'єкта, отримані і проаналізовані результати моделювання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорені та схвалені на: 5-му та 7-му Міжнародному молодіжному форумі “Радиоелектроника и молодежь в XXI веке” (Харків, ХТУРЕ, 2001 та 2003 рр.); науковій конференції “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті” (Алушта, 2000р.); міжнародній науково-технічній конференції “Інформаційні системи та технології на транспорті України – стан, проблеми, перспективи” (Київ, 2003р.); міжнародній конференції з управління “Автоматика – 2002” (Донецьк, 2002р.).

Повністю результати дисертаційної роботи були докладені та схвалені на розширеному засіданні кафедри “Автоматика та комп'ютерні системи управління”, УкрДАЗТ, 2003р. з участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. За темою дисертації опубліковано чотири статті у наукових фахових виданнях, які затверджені ВАК України.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

Повний обсяг роботи містить 171 сторінку, з них обсяг основного тексту 128 сторінок, у тому числі 46 рисунків, 4 таблиці; додатків та списку використаної літератури 43 сторінки. Список використаної літератури складається зі 143 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і задачі дослідження, відображена наукова новизна, практичне значення отриманих результатів і особистий внесок автора, наведена інформація про апробації і публікації результатів дослідження.

У першому розділі проведено аналіз способів автоматизації контролю відмов у системах централізації стрілок і сигналів. Встановлено, що системи дистанційного контролю, які експлуатуються на мережі залізниць, не можуть повною мірою забезпечити якісні показники перспективної системи технічного обслуговування по дійсному стану через малу інформативність і обмежену можливість автоматичної інтерпретації одержуваної інформації.

Аналіз методів і способів діагностування та визначення технічного стану об'єктів і систем, виконаний на основі робіт Пархоменка П.П., Дмитренка І.Є., Пернікіса Б.Д., Ягудіна Р.Ш., Сапожнікова В.В., та ін. показав, що в пристроях ЗАТ доцільно застосовувати методи, засновані на принципах функціонального діагностування. Відповідно до цього визначення технічного стану об'єкта, що перевіряється, необхідно розглядати як задачу контролю працездатності. На основі аналізу робіт Дмитрієва А.К. і Мальцева П.А. встановлено, що для вирішення поставленої задачі доцільнішим є синтез математичної моделі, яка б відображала

основні властивості контрольованого об'єкта, згідно з метою контролю та умовами його здійснення. Однак для урахування в моделі всіх розглянутих вимог необхідно математично сформулювати задачу контролю технічного стану. Подібний підхід розглядався в задачах пошуку дефектів у динамічних системах, описуваних лінійними і нелінійними різницевиими рівняннями. У даній галузі дослідження він трактується як метод функціонального діагностування на основі співвідношень паритету. Такий метод був запропонований Міроновським Л.А. і всебічно розвинений у роботах Gertler J., Kunwer M.M., Жиравка А.Н.

У той же час метою контролю є визначення одного з видів технічного стану – працездатності, у залежності від поточного стану об'єкта, над яким ведеться спостереження. У роботах з дефектоскопії та неруйнівного контролю (Білокура І.П., Ключова В.В., Троїцького В.О., Овсянкіна А.М. та ін.) розглядаються такі поняття як “контроль технічного стану” та “моніторинг” у контексті контролю (діагностування) працездатності або справності технічного об'єкта. У результаті контролю або діагностування робиться висновок про працездатність шляхом оцінки технічного стану. Вихідний ефект, тобто оцінка технічного стану для промислових систем може виражатися різними показниками. Однак, відповідно до робіт Меншикова Н.Я., Корольова А.І., Ягудіна Р.Ш. та ін., традиційним при оцінці ефективності функціонування систем залізничної автоматики є використання теорії надійності. Розглянуті в даній теорії моделі залежать від інтенсивності переходів між станами відмов і відновлень. Згідно з роботами Христова Х.А., Сапожнікова В.В., Кравцова Ю.А., Сапожнікова Вл.В. при розрахунках можна вважати, що потоки відмов λ і відновлень μ є найпростішими, отже, $\lambda = \text{const}$ і $\mu = \text{const}$. При розглянутих умовах задача вже вирішена, за основу брався опис системи у вигляді диференціальних рівнянь Колмогорова.

Математичні моделі, які застосовуються в теорії надійності, у більшості випадків ґрунтуються на використанні статистичних методів контролю, котрі можна умовно розділити на методи, присвячені приймальному і поточному контролю. Останнім часом усе більше приділяється увага питанням поточного контролю, що передбачає своєчасне виявлення виникаючих відхилень від нормального ходу процесу функціонування при використанні найбільшої кількості контрольованої інформації. Аналіз методів і моделей зроблений на основі робіт Гнеденка Б.В., Рижкіна А.А., Єфімова О.В., Гаврилюка В.І., Швалова Д.В., Скобцова В.Ю., та ін. показав, що основною ідеєю в застосуванні до розглянутої задачі є порівняння контрольованих параметрів із установленими межами і допусками. Крім того, у більшості випадків важливим етапом є визначення закону розподілу контрольованих значень та виникаючих подій, від вибору якого залежить достовірність отриманих результатів.

Проте системи централізації, як складні об'єкти контролю, складаються з різних класів пристроїв, відмови яких, як відомо, підкоряються різним законам розподілу. Крім того, в кінці запланованого періоду експлуатації, коли система

наближається до свого граничного стану, розподіл далеко не експоненційний $\lambda \neq \text{const}$ і $\mu \neq \text{const}$. У даний період найбільш гостро стоїть задача визначення працездатності, тому що останнім часом доводиться експлуатувати системи ЗАТ до граничного стану. У зв'язку з цим виникає необхідність у визначенні працездатності систем електричної централізації на основі контролю та оцінки їх технічного стану в реальному масштабі часу.

У другому розділі сформульована абстрактна задача контролю технічного стану, яка ґрунтується на одному з підходів, визначеному як принцип співвіднесення.

На основі даного підходу запропоновано здійснити контроль технічного стану системи з використанням інформації про її внутрішні стани. Реалізацію цієї задачі передбачено вирішити на основі діаграми рис. 1.

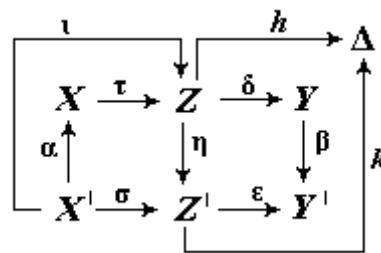


Рис. 1. Діаграма абстрактної задачі контролю:

X, Y, Z – множини вхідних, вихідних та внутрішніх станів контрольованого об'єкта;

X', Y', Z' – множини вхідних, вихідних та внутрішніх станів еталонного об'єкта;

$\alpha, \beta, \epsilon, h, k, \sigma, i, \tau, \eta, \delta$ – відображення, що переводять кожний елемент (сигнал) однієї множини в елемент (сигнал) другої множини.

Для подальшого аналізу діаграми (рис. 1) скористаємося поняттям функтора. Наявність алгоритму контролю за допомогою відображень h і k пов'язана з існуванням функтора G , що переводить пару $(h \text{ і } k)$ у η (рис. 2)

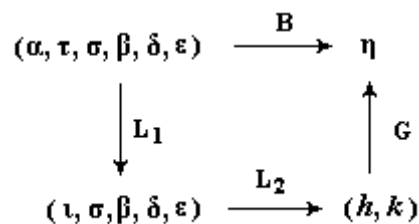


Рис. 2. Діаграма комутативності

У зв'язку з цим процес контролю технічного стану об'єкта здійснюється в такий спосіб: спочатку реалізуються відображення h і k на множинах Z і Z' , а потім порівнюються результати реалізації даних відображень. Відповідно до діаграми (рис. 1), усі випадки невідповідності відображень h і k , тобто невиконання вимог правильності функціонування об'єкта будуть відображати всю множину відмов (збоїв), що відбуваються в ньому.

Однак центральною проблемою при синтезі моделі контролю працездатності системи ЕЦ є забезпечення зменшення її розмірності, тому в роботі запропоновано використовувати апроксимацію її математичного опису із застосуванням такого поняття як маршрут у вигляді топологічної формули

$$E_M = \{E_v, \{E_{sn}\}, \{E_{tm}\}, \{E_k\}\}, \quad (1)$$

де E_M – технічний стан пристроїв маршруту;
 E_v – технічний стан світлофора;
 E_{sn} – технічний стан секцій маршруту;
 E_{tm} – технічний стан стрілок, що надходять до маршруту;
 E_k – технічний стан переїздів.

Відповідно до цього слід зазначити, що сукупність технічних станів пристроїв маршрутів буде визначати технічний стан системи ЕЦ у цілому.

На підставі (1) варто зробити висновок, що початковою ланкою при визначенні технічного стану системи ЕЦ є контроль технічного стану об'єктів даної системи. Відповідно до поставленої задачі дослідження технічний стан елемента маршруту (об'єкта) варто здійснити на основі перевірки правильності функціонування об'єкта, тобто перевірки відсутності випадків відмов та збоїв у його роботі. Виділення даних випадків варто зробити на основі аналізу математичної моделі контрольованого об'єкта. Тому у розділі розглянуті моделі функціонування об'єктів станційних пристроїв автоматики на основі теорії графів, теорії скінчених автоматів, опису системи на основі ланцюгів Маркова, ЛСДС. Розглянуті моделі не можуть у повному обсязі відобразити всю множину відмов, що виникають у системах ЕЦ. Однак, як показали дослідження, визначення відмов стосовно пристроїв ЕЦ можливе на основі часу, протягом якого об'єкт знаходився у певному стані. Проведений у роботі аналіз статистичних даних про час перебування об'єкта у визначеному стані показав, що множина випадків відмов і множина випадків правильного функціонування перехрещуються. Подібні особливості накладають деяку неточність, нечіткість на задачу визначення відмов у пристроях систем ЕЦ. У подібних випадках потрібна така процедура інтерпретації, яка б враховувала як кількісні, так і якісні особливості функціонування об'єкта. Найбільш прийнятними в подібних задачах є методи, засновані на теорії нечітких множин.

Математична модель, яка якісно і кількісно характеризує реальну систему у визначеній схемі спостереження, повинна являти собою

$$\Omega: \{Z, \tau, R(z), \varepsilon(g)\}. \quad (2)$$

Застосування даної моделі в контексті контролю технічного стану системи електричної централізації можливе у разі внесення змін у трактування її основних компонентів. При цьому Z – множина спостережуваних або модельних змінних, у

даному випадку це стани системи ЕЦ; τ – топологія, застосування понять ЕЦ, розгорнутих у топологічних формулах; $R(z)$ – системоутворююче відношення на Z ; $\varepsilon(g)$ – сукупність класів якісних різниць, що характеризують еквівалентні прояви в системі у вигляді відмов і збоїв. У зв'язку з цим є можливість утворити на множині Z класи якісних розходжень, породжуваних деяким еталоном у вигляді відмови (збою) $q \in Q$, за які можна прийняти деякий $z \in Z$.

Тоді для будь-якого предиката q , який не утримує класових змінних, існує досить визначений клас $E(q)$ – технічних станів, що містить у точності ті комбінації внутрішніх станів z , що відображають певну відмову q . Якісні властивості всіх елементів, що входять у визначений клас $E(q)$, варто оцінити характеристичною функцією $\mu_q(w)$, визначеною на Z . Згідно з цим така функція буде характеризувати технічний стан щодо розглянутої задачі контролю працездатності. Так як за основу прийнятий принцип відносної числової оцінки нагромадження якісних відзнак, то функція $\eta = \mu_q(w)$ приймає весь ряд значень із замкнутого інтервалу $[0, 1]$. У якості w слід використовувати регламентовані параметри, наприклад час перебування об'єкта у певному стані. На основі яких робиться висновок про те, що комбінація $z \in Z$ належить множині $E(q)$.

Електрична централізація досить складна система, в якій невиконання однієї з функцій через відмову у підсистемі найчастіше не призводить до відмови всієї системи, а знижує ефективність її функціонування. Тому, якщо проконтролювати відмови на функціональному рівні, можна визначити працездатність системи як міру ефективності її застосування за призначенням. При оцінці ефективності функціонування систем залізничної автоматики використовують показники теорії надійності, розглянуті в першому розділі. Однак в реальних умовах $\lambda(t) \neq \omega(t)$, тобто у відновлюваних системах не можна працювати з інтенсивностями. Для того щоб урахувати факт відмови і відновлення об'єкта, вводиться параметр потоку відмов $\omega(t)$, який доцільно визначити з апріорної статистичної інформації, отриманої з результатів технічної експлуатації.

Відповідно до цього оцінку працездатності в числовому вигляді (k_p), як і параметра потоку відмов $\omega(t)$, чи ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$, можна розглядати як нормовану випадкову функцію і задати на інтервалі від 0 до 1. За умови, якщо система цілком працездатна, інтерпретувати її технічний стан як 1, якщо цілком непрацездатна – як 0. Тоді всі проміжні значення будуть інтерпретуватися як коефіцієнт (k_p) її працездатності.

Третій розділ присвячений розгляду питань оцінки технічного стану пристроїв електричної централізації на основі моделей контрольованого об'єкта.

За інформацією систем контролю такий об'єкт ЕЦ як стрілка може знаходитися в одному зі станів: $Z1$ – “плюсове” положення, $Z2$ – “мінусове” положення, $Z3$ – втрата контролю після “плюсового” положення, $Z4$ – втрата контролю після “мінусового” положення, що моделюється графом станів (рис. 3).

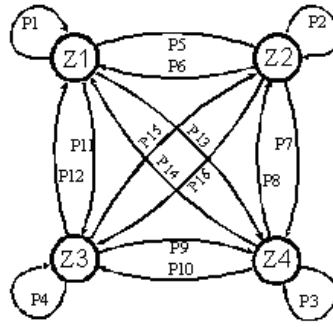


Рис. 3. Граф станів стрілки

Оцінка технічного стану стрілки здійснювалася на основі перевірки правильності функціонування об'єкта контролю шляхом порівняння (співвіднесення) моделей функціонування реального і заданого ідеального об'єкта. Застосовуючи математичний апарат теорії нечітких множин (НМ) до моделі стрілки (рис. 3), виявлено, що модель являє собою нечіткий орієнтований граф, який може бути представлений відношенням $\tilde{\varphi}$.

У матричному вигляді нечітке відношення $\tilde{\varphi}$ задається за допомогою матриці суміжності R_{φ} , рядки і стовпці якої позначені елементами $z \in Z$, а на перетині i -го рядка і j -го стовпця ставиться елемент $r_{ij} = \mu_F \langle z_i, z_j \rangle$, де μ_F – функція належності елементів з Z^2 нечіткому графові \tilde{F} .

При завданні у вигляді нечіткого відношення $\tilde{\varphi} = (Z, \tilde{F})$ роботи такого об'єкта як стрілка, елементи r_{ij} функції належності $\mu_F \langle z_i, z_j \rangle$ обчислюються за формулою

$$r_{ik} = \frac{n_{ik} \times \mu(x_{ik})}{\sum_{j=1}^N n_{ij}}, \quad (3)$$

де n_{ik} – число прямих переходів об'єкта з i -го в k -й стан;

N – число станів, у які переходив об'єкт з i -го стану;

$\mu(x_{ik})$ – функція належності, яка характеризує для кожного з переходів наявність відмов (збоїв), та обумовлена відповідним параметром функціонування.

Для такого параметра як час перебування об'єкта в деякому внутрішньому стані функція належності $\mu(x_{ik}) = \mu(x, a, b)$ визначається за допомогою виразу

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq a; \\ \frac{x - a}{b - a}, & \text{якщо } a < x < b; \\ 1, & \text{якщо } x \geq b. \end{cases} \quad (4)$$

При побудові $\mu(x, a, b)$ застосовувався параметричний підхід до побудови функції належності НМ. Сутність даного підходу полягає в тому, що варто

охарактеризувати належність кожного з переходів до множини випадків відмов (збоїв), указавши дві точки універсальної шкали: a ; b , з яких a – точка, ще (або вже) не належить описуваній множині, b – точка, яка безперечно їй належить. На основі експериментальних даних були обрані дані точки, при цьому точці a присвоєне значення 5 с, а точці b 10 с.

Для стрілки також регламентується такий параметр як струм електродвигуна стрілочного привода. Контроль і оцінку значень цього параметра варто здійснити також із застосуванням параметричного підходу до побудови функції належності, що будується відповідно до виразу

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{якщо } a < x < b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{якщо } b < x < c; \\ 0, & \text{якщо } x \geq c. \end{cases} \quad (5)$$

Значення точок a , b , c вибираються в залежності від нормативного і граничного струмів перекладу стрілки відповідно до інструкції. При цьому точці b присвоюється значення встановленого струму, а точкам a і c значення явної невідповідності струму встановленій нормі.

Для кожного об'єкта на основі статистичних даних його функціонування за деякий проміжок часу вищенаведеним способом складається своя матриця суміжності. Така модель до певної міри відображає технічний стан розглянутого об'єкта.

Аналогічним способом на основі теоретичних знань можна представити модель роботи об'єкта в ідеальних умовах (відсутність несправностей, перешкод, перекручувань інформації) у вигляді нечіткого відношення $\tilde{\psi} = (Z, \tilde{P})$.

Далі необхідно визначити, наскільки функціонування в реальних умовах відрізняється від теоретично передбачуваної роботи об'єкта. Для цього, спираючись на вираз, який характеризує ступінь включення нечітких відношень, визначається ступінь включення $\mu_F \langle \tilde{\varphi}, \tilde{\psi} \rangle$ відношень $\tilde{\varphi}$ і $\tilde{\psi}$, при одному параметрі контролю за допомогою виразу

$$\mu_F \langle \tilde{\varphi}, \tilde{\psi} \rangle = \bigwedge_{\langle z_i, z_j \rangle \in Z^2} (\mu_P \langle z_i, z_j \rangle \rightarrow \mu_F \langle z_i, z_j \rangle). \quad (6)$$

При наявності декількох параметрів контролю, варто керуватися умовою, що працездатність об'єкта в загальному випадку визначається добутком функцій, кожна з яких може бути перевірена набором технічних параметрів. При цьому вираз (6) приймає вид:

$$\mu_F \langle \tilde{\varphi}, \tilde{\psi} \rangle = \left(\prod_{i=1}^n \{ \mu_P \langle z_i, z_j \rangle \rightarrow \mu_F \langle z_i, z_j \rangle \} \right) \& \prod_{j=1}^n \{ \mu_P \langle z_i, z_j \rangle \rightarrow \mu_F \langle z_i, z_j \rangle \}. \quad (7)$$

Результат даних обчислень можна подати у вигляді $k_p = \mu\langle\tilde{\varphi}, \tilde{\psi}\rangle$ (коефіцієнта технічного стану), що знаходиться в інтервалі від 0 до 1, який показує, наскільки робота в ідеальних умовах відрізняється від реального функціонування конкретного пристрою (об'єкта контролю). Таким чином, можна зробити висновок про поточний технічний стан контрольованого об'єкта в числовому вигляді.

Оцінку технічного стану рейкових кіл (РК) передбачається зробити на основі інформації про внутрішні стани стрілочної або безстрілочної ділянки колії, що характеризує дане РК, яка знімається з пульта табло. Ізольована ділянка колії (секція) при маршрутному пересуванні може знаходитися в одному зі станів: Z1 – вільна і незамкнена у маршруті, Z2 – вільна і замкнена у маршруті, Z3 – зайнята, що моделюється графом станів, поданим на рис. 4.

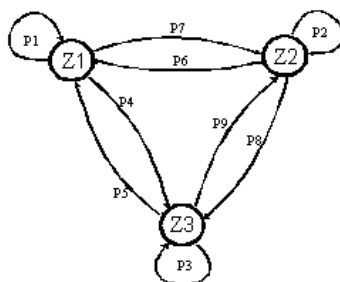


Рис. 4. Граф станів стрілочної (безстрілочної) ділянки колії

За параметр, що характеризує об'єкт із технічної сторони, як і в попередньому випадку, можна використовувати час перебування в деякому стані, причому при визначеній ситуації, знаючи який можна визначити такі відмови, як короткочасна помилкова зайнятість і короткочасна помилкова вільність ділянки (надалі помилкова зайнятість і помилкова вільність). Дані відмови характеризують поступовий перехід із працездатного стану в непрацездатний.

Відповідно до прийнятого математичного апарата, використовуючи параметричний підхід до побудови функції належності, усі випадки зайнятості ділянки, що потрапили в інтервал a, b, c, d ($0, 2, 7$ та 10 с), варто охарактеризувати лінгвістичним значенням ознаки “помилкова зайнятість” з відповідним значенням функції належності стосовно виразу

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } x \leq a; \\ \frac{x - a}{c - a}, \text{ якщо } a < x < c; \\ 1, \text{ якщо } c \leq x \leq d; \\ \frac{b - x}{b - d}, \text{ якщо } d < x < b; \\ 0, \text{ якщо } x \geq b. \end{cases} \quad (8)$$

Значення ознаки “помилкова зайнятість” визначається, спираючись на вираз (10), виходячи з співвідношення

$$n_k = \sum (n_{ik} \times \mu(x, a, b, c, d)). \quad (9)$$

Результатом даних обчислень є кількість випадків, що характеризують нечітку змінну “помилкова зайнятість” для розглянутого об'єкта.

Подібним чином, використовуючи параметричний підхід до побудови функції належності, визначається значення нечіткої змінної “помилкова вільність”, що міститься у виразі

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \leq a; \\ \frac{a-x}{a-b}, & \text{якщо } a < x < b; \\ 0, & \text{якщо } x \geq b. \end{cases} \quad (10)$$

Усі випадки звільнення ділянки, що потрапили в інтервал 0, а, b (0, 4, 10), варто охарактеризувати лінгвістичним значенням ознаки “помилкова вільність” з відповідним значенням функції належності. Значення ознаки “помилкова вільність” визначається, опираючись на вираз (10), таким співвідношенням

$$n_k = \sum (n_{ik} \times \mu(x, a, b)). \quad (11)$$

В результаті обчислимо наведену кількість випадків, що характеризують нечітку змінну “помилкова вільність” для розглянутого об'єкта.

Далі, спираючись на статистичні дані, задається у вигляді нечіткого відношення $\tilde{\varphi} = (Z, \tilde{F})$ функціонування деякої ділянки колії, де елементи r_{ij} функції належності $\mu_F \langle z_i, z_j \rangle$ обчислюються за формулою

$$r_{ik} = \frac{n - n_k k_b k_n}{n}, \quad (12)$$

де n_k – наведена кількість випадків, які характеризують значення нечіткої змінної “помилкова зайнятість” або “помилкова вільність”, що розраховується за формулами (9) або (11);

k_b – коефіцієнт, що характеризує вплив кожного з позаштатних станів на безпеку;

k_n – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність використання об'єкта;

n – загальна кількість занять або звільнень секції.

Введення коефіцієнта k_n обумовлено необхідністю узгодження результатів оцінки через велику різницю між інтенсивностями використання різних РК на станції.

Коефіцієнт k_n визначається згідно з функцією належності

$$\mu(k_n) = e^{-\frac{n_{\max}}{n_{\min}} \left(\frac{1}{n}\right)}. \quad (13)$$

У той же час, для рейкових кіл регламентується такий параметр як напруга на колійному реле. Контроль і оцінку значень цього параметра варто здійснити також із застосуванням параметричного підходу до побудови функції належності. Значення ознаки “напруга на колійному реле” визначається, спираючись на вираз (9), виходячи зі співвідношення (8). При цьому у відповідності до нормалей на рейкові кола встановлюються значення точок c і d які належать даному терму, та точок a і b які йому не належать.

Для визначення технічного стану розглянутого об'єкта обчислюється ступінь відповідності $\mu_F\langle\tilde{\varphi},\tilde{\psi}\rangle$, при одному параметрі контролю за допомогою виразу

$$\mu_F\langle\tilde{\varphi},\tilde{\psi}\rangle = ([\neg\sum_{j=1}^n\{\mu_F\langle z_i; z_j\rangle \leftrightarrow \mu_P\langle z_i; z_j\rangle\}] \& [\neg\sum_{i=1}^n\{\mu_F\langle z_i; z_j\rangle \leftrightarrow \mu_P\langle z_i; z_j\rangle\}]). \quad (14)$$

При цьому враховувалася умова, що контрольований параметр може виявлятися в різних станах. Якщо одночасно контролюються декілька параметрів, оцінку технічного стану варто зробити за аналогією з виразом (7) на підставі наступного співвідношення

$$\mu_F\langle\tilde{\varphi},\tilde{\psi}\rangle = (\prod_{i=1}^n[\neg\sum_{j=1}^n\{\mu_F\langle z_i; z_j\rangle \oplus \mu_P\langle z_i; z_j\rangle\}] \vee [\prod_{j=1}^n\{\neg\sum_{i=1}^n(\mu_F\langle z_i; z_j\rangle \oplus \mu_P\langle z_i; z_j\rangle)\}]). \quad (15)$$

Результатом даних обчислень так як і в попередньому випадку є коефіцієнт k_p .

З метою забезпечення динамічного корегування моделей при оцінці наступного значення $(k_p)_{n+1}$ був використаний модифікований метод стохастичної апроксимації Робіна – Монро. Згідно з цим методом математичне корегування оцінок математичного сподівання слід визначити за формулою:

$$M[k_p]_{n+1} = M[k_p]_n + \frac{1}{n}((k_p)_{n+1} - M[k_p]_n). \quad (16)$$

За результатами аналізу графових моделей об'єктів вхідного і вихідного світлофорів можливо оцінити їхній технічний стан тільки по переходах у стан “несправність”. Однак така оцінка не буде цілком адекватною, оскільки для поїзних станційних світлофорів установлений час уповільнення знеструмлення поїзних сигнальних реле від 3 до 6 с.

Аналіз часу уповільнення сигнальних реле виявив, що оцінку такого параметра доцільно виконати як одну з характеристик технічного стану об'єкта “світлофор”, застосовуючи елементи теорії нечітких множин.

Для цього, ґрунтуючись на параметричному підході, була побудована функція належності нечіткої змінної “фактичний час уповільнення”. Випадки визначення часу уповільнення сигнального реле, що потрапили в інтервал a , b , c , d , варто охарактеризувати лінгвістичним значенням ознаки ”фактичний час затримки” з відповідним значенням функції належності, описаної виразом (8). Значення ознаки

“фактичний час затримки” визначається, виходячи з виразу (8), підстановкою відповідних значень у співвідношення (9). Результатом даних обчислень є наведена кількість випадків, що характеризують нечітку змінну “фактичний час затримки” для розглянутого об'єкта. Тоді коефіцієнт технічного стану k_p об'єкта “світлофор” визначається на основі виразу (12) без урахування коефіцієнтів k_b , та k_n .

Використовуючи “Положення про класифікацію транспортних подій і порушень у поїзній і маневровій роботі на залізничному транспорті”, пропонується розглянути позаштатні ситуації, що можуть виникнути з причин відмов та збоїв у роботі систем ЗАТ, які можна визначити автоматично. Визначення таких ситуацій дасть змогу оцінити технічний стан систем ЗАТ, тому що їхня поява певною мірою відображає технічний стан даних систем. До таких ситуацій можна віднести: перекриття поїзного світлофора через помилкову зайнятість або зайнятість секції, яка входить до маршруту; перекриття поїзного світлофора через втрату контролю стрілки; взріз, перекид або втрата контролю стрілки під потягом, що рухається.

Розглянуті нештатні ситуації можна визначити, представивши події, що відбуваються у системах ЕЦ у вигляді множини S інтервальних подій часової псевдофізичної логіки. Якщо для всіх інтервальних подій указати маркери їхнього початку і кінця, то відношення між ними можна замінити сукупністю відношень між маркерами, тому що будь-яку інтервальну подію можна цілком визначити двома точковими подіями, що відповідають моментам часу початку і кінця інтервальної події. Ці точкові події називаються маркерами початку і кінця і позначаються як m_n^j і m_k^j , де j – індекс інтервальної події S_j .

Відповідно до цього, замінюючи інтервальні події точковими, відношення для кожної із ситуацій W_i можна подати такими виразами:

$$W_1 = \frac{(m_H^1 r_{23} m_H^2)}{\mu(x)} \& (m_H^3 r_{22} m_H^2) \& (m_H^2 r_{22} m_K^3); \quad (17)$$

$$W_2 = \frac{(m_H^1 r_{23} m_H^2)}{\mu(x)} \& \frac{(m_K^2 r_{22} m_H^2)}{\mu'(x)} \& (m_K^3 r_{23} m_H^2) \& (m_K^3 r_{22} m_K^2); \quad (18)$$

$$W_3 = \frac{(m_H^1 r_{23} m_H^2)}{\mu(x)} \& (m_H^3 r_{23} m_H^2) \& (m_H^2 r_{22} m_K^3) \& (m_H^2 r_{23} m_H^3). \quad (19)$$

Функція належності $\mu(x)$ визначається на основі виразу (8), а $\mu'(x)$ відповідно до виразу (4) з однією відмінністю, що координати точок a і b узяті зі значень нечіткої змінної “помилкова вільність”. Заміна зроблена у зв'язку з нечіткою інцидентністю між подіями, що утворюють визначену позаштатну ситуацію.

Відношення між точковими подіями, відображені виразами (17 – 19), можна подати у вигляді правил продукції, реалізованих будь-якою мовою програмування. Тому змодельовані ситуації можуть задаватися у вигляді нечіткої бази знань, яка подається як сукупність правил “ЯКЩО - ТО”, що зв'язують лінгвістичні оцінки

змінної часу між подіями переходів з одного стану в інший різних об'єктів ЕЦ. При цьому нечітка база знань являє собою набір розглянутих нештатних ситуацій. При послідовному переборі інформації, що надходить від системи контролю, порівнюються ситуації, наявні на даний момент часу, з еталонними ситуаціями в базі знань. При їх збігу видається інформація про наявність у системі ситуації, що може призвести до порушення безпеки руху поїздів.

У четвертому розділі для вирішення задачі аналізу технічного стану системи електричної централізації пропонується використовувати математичний опис даного складного об'єкта контролю у вигляді гіперграф – моделі.

Для опису системи електричної централізації у вигляді нечіткого гіперграфа $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$ необхідно задати всю множину його елементів. У зв'язку з цим множину вершин гіперграфа $X = \{x_i\}$ доцільно подати множиною всіх можливих маршрутів, де $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ – кількість маршрутів. Множину ребер гіперграфа $U = \{u_j\}$ ($j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$) необхідно виразити через множину значень ознак, якими маршрути $x \in X$ оперують у тій чи іншій мірі. Як ознаки маршрутів $U = \{u_j\}$ вибираються елементи виразу (1), тому що вони з технічної сторони характеризують об'єкти електричної централізації, які входять у визначений маршрут. До елементів множини $U = \{u_j\}$ варто віднести також деякі ознаки, що характеризують технічний стан маршруту з позицій безпеки. До них можна віднести нештатні ситуації, які можуть виникати в системах ЕЦ.

Елементи множини $F(\tilde{P})$ в даному випадку слід визначати в такий спосіб:

$$\mu_{F(P)}(x_i, u_j) = \frac{\sum_{u \in U} e_j a_i}{\sum_n a_i}, \quad (20)$$

де e_j – технічний стан окремо взятого пристрою розглянутий у третьому розділі k_p ; a_i – коефіцієнт ($i = 1, 2, \dots, n$), присвоюваний кожному e_j в залежності від кількості маршрутів, у яких бере участь об'єкт (об'єктові, що бере участь у найбільшій кількості маршрутів, присвоюється найбільше значення a_i і навпаки).

Аналіз технічного стану системи ЕЦ, поданої у вигляді гіперграфа $H = (X, U, \tilde{P})$, передбачається зробити за допомогою послідовностей теоретико-множинних і алгебраїчних операцій. Для цього даний гіперграф подається у вигляді матриці нечіткої інцидентності $\tilde{R}_H = \|r_{ij}\|_{n \times m}$, де $r_{ij} = \mu_{F(P)}(x_i, u_j)$ ($x_i \in X, u_j \in U$). Елементи матриці r_{ij} визначаються відповідно до виразу (20).

Тоді визначити технічний стан контрольованої системи можна на основі аналізу даної матриці, оперуючи її елементами r_{ij} . Для визначення складу і послідовності операцій сформульовані задачі оцінки: порівняння технічних станів окремо взятих маршрутів; виявлення маршруту(ів), що знаходиться у найгіршому

технічному стані; виявлення ознаки U_j , яка найбільше впливає на технічний стан системи; оцінка технічного стану всієї системи ЕЦ.

У матричній формі рішення всіх перерахованих задач здійснюється у відповідності з такими виразами:

$$\nu(x_i, x_k) = \&_{j \in J} (r_{ij} \rightarrow r_{kj})(i, k \in I, j \in J); \quad (21)$$

$$\nu(u_j, u_p) = \&_{i \in I} (r_{ij} \rightarrow r_{ip})(i \in I, j, p \in J); \quad (22)$$

$$\mu_{(F(\tilde{P}), F(\tilde{P}'))} = \&_{\langle x \in X, u \in U \rangle} \mu(r_{ij} \leftrightarrow r'_{ij})(i \in I, j \in J). \quad (23)$$

У розділі також розглянуто два способи реалізації запропонованих моделей і алгоритмів: з використанням спеціалізованих засобів обробки нечітких даних, та із застосуванням ЕОМ традиційної архітектури. На основі методів і моделей, запропонованих у розділах 3 і 4, розроблене програмне забезпечення, основні елементи якого використовувалися при створенні програмно-технічного комплексу “Автоматизована система виявлення й аналізу причин затримок поїздів”. Також у розділі розглянуті питання перевірки адекватності розроблених моделей та методів реальному процесу функціонування пристроїв, для чого було перевірено гіпотезу про однорідність дисперсій відтворюваності та адекватності на основі критерію Шифера. Крім того, у розділі подається техніко-економічне обґрунтування, де розглянуто розрахунок передбачуваного економічного ефекту, одержуваного в результаті усунення причин необґрунтованої зупинки поїздів за рахунок своєчасної ліквідації відмов або передвідмовних станів.

ВИСНОВКИ

Дисертація містить отримані автором наукові результати, які у сукупності вирішують наукову задачу удосконалення рівня автоматизації процесів контролю та оцінки технічного стану систем електричної централізації, що дасть змогу підвищити ефективність технічного обслуговування розглянутих приладів. На підставі проведених у дисертації досліджень можна зробити такі висновки:

1. Аналіз способів контролю відмов у системах централізації стрілок та сигналів показав, що для підвищення ефективності технічного процесу обслуговування пристроїв СЦБ (ЕЦ) необхідна його автоматизація на основі переходу до СТО по фактичному стану. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки математичних моделей, що відображають відмови пристроїв, на основі яких можлива оцінка технічного стану об'єктів і систем ЕЦ.

2. Сформульована абстрактна задача контролю технічного стану систем ЕЦ на основі принципу співвіднесення внутрішніх станів контрольованого й еталонного об'єктів, що дозволило визначити єдиний методологічний підхід і перейти до вибору відповідного математичного апарата. Прийнятий за основу принцип відносної

числової оцінки нагромадження якісних розходжень на основі перевірки правильності функціонування пристроїв, тобто виявлення випадків відмов або збоїв системи (об'єкта) як фактор, у рамках якого може розглядатися такий вид контролю технічного стану, як контроль працездатності.

3. Зроблено аналіз моделей функціонування об'єктів ЕЦ на основі теорії графів, теорії скінчених автоматів, ланцюгів Маркова, ЛСДС. Показано обмежені можливості застосування даних теорій до визначення відмов у системах електричної централізації. Досліджено часовий параметр t , а також інші параметри роботи пристроїв, за допомогою яких здійснюється перевірка належності комбінації станів об'єкта множині його відмов (збоїв). На цій підставі обґрунтовано вибір математичного апарата теорії нечітких множин.

4. Розроблено метод контролю відповідності параметрів функціонування об'єктів ЕЦ нормативним значенням, з використанням параметричного підходу до побудови функції належності нечіткої змінної, що дозволяє автоматизувати процеси визначення відмов та передвідмовних станів контрольованих пристроїв у реальному масштабі часу. Розроблено моделі оцінки технічного стану об'єктів ЕЦ на основі їх відображення у вигляді нечітких граф – моделей, які дозволяють оцінити працездатність контрольованих пристроїв у числовому вигляді. Для чого введено таке поняття як коефіцієнт технічного стану k_p (коефіцієнт працездатності). Так, при прийнятті коефіцієнтом технічного стану k_p значень від 0,9 до 1 систему можна вважати цілком працездатною, при k_p від 0,75 до 0,9 система втрачає свою працездатність у результаті наміченої постійної тенденції відмов та збоїв у роботі, при k_p від 0,75 і нижче технічний стан системи вимагає втручання обслуговуючого персоналу.

5. Синтезовано моделі визначення позаштатних ситуацій у системах електричної централізації на основі їх опису в часовій псевдофізичній логіці із застосуванням елементів теорії нечітких множин, що дозволяють оперативно ідентифікувати позаштатні ситуації та встановлювати причину їхньої появи.

6. Розроблена методика аналізу технічного стану системи електричної централізації з використанням опису даного складного об'єкта контролю у вигляді гіперграф – моделі. Складено алгоритми і програмну реалізацію моделей на основі сучасних апаратних засобів і мов програмування високого рівня. Також у розділі розглянуті питання перевірки адекватності розроблених моделей та методів реальному процесу функціонування пристроїв, для чого було перевірено гіпотезу про однорідність дисперсій відтворюваності та адекватності за допомогою критерію Шифера.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мойсеенко В.И., Поддубняк В.И., Радковский С.А. Проблемы интерпретации информации в современных системах железнодорожной автоматики, диспетчерского управления и контроля // Информ. – керуючі системи на залізн. трансп. – 2001. – №2. – С. 54 – 57.

2. Моделирование состояний объектов систем железнодорожной автоматики / В.И. Мойсеенко, В.И. Поддубняк, В.М. Бутенко, С.А. Радковский // Информ. – керуючі системи на залізн. трансп. – 2001. – №4. – С. 40 – 43.

3. Определение технического состояния объектов железнодорожной автоматики с применением теории нечетких множеств / В.И. Мойсеенко, В.И. Поддубняк, В.М. Бутенко, С.А. Радковский // Информ. – керуючі системи на залізн. трансп. – 2001. – №6. – С. 33 – 37.

4. Радковский С.А. Оценка технического состояния рельсовых цепей с использованием методов основанных на теории нечетких множеств // Сб. научн. трудов. – К.: КУЭТТ, – 2003. – Т.1. – С. 61 – 68.

АНОТАЦІЯ

Радковський С.О. Автоматизація процесів контролю та оцінки технічного стану систем електричної централізації. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2003.

Дисертація присвячена питанням удосконалення рівня автоматизації процесів контролю та оцінки технічного стану систем електричної централізації, для підвищення ефективності технічного обслуговування розглянутих приладів. У роботі сформульована абстрактна задача контролю технічного стану систем електричної централізації на основі принципу співвіднесення внутрішніх станів контрольованого та еталонного об'єктів. Запропоновані метод контролю відповідності параметрів функціонування та моделі оцінки технічного стану об'єктів електричної централізації дозволяють автоматизувати контроль їх працездатності на поточний момент часу, а також виявити відмови й усунути їх раніше, ніж вони вплинуть на перевізний процес. Синтезовано моделі визначення позаштатних ситуацій у системах електричної централізації на основі їх опису в часовій псевдофізичній логіці з використанням елементів теорії нечітких множин, які дозволяють оперативно ідентифікувати позаштатні ситуації й знаходити причину їх появи. Розроблена методика аналізу технічного стану системи електричної централізації із застосуванням опису даного складного об'єкта контролю у вигляді гіперграф – моделі.

Ключові слова: технічний стан, електрична централізація, об'єкт контролю, модель оцінки, нечітка множина, позаштатні ситуації.

АННОТАЦИЯ

Радковский С.А. Автоматизация процессов контроля и оценки технического состояния систем электрической централизации. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2003.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования уровня автоматизации процессов контроля и оценки технического состояния систем электрической централизации. На основании анализа способов контроля отказов в станционных системах железнодорожной автоматики, показано, что для повышения эффективности технического процесса обслуживания устройств СЦБ (ЭЦ) необходима его автоматизация на основе перехода к СТО по фактическому состоянию. В связи с этим возникает необходимость разработки математических моделей, позволяющих контролировать отказы устройств на функциональном уровне, на основе которых возможна оценка технического состояния объектов и систем ЭЦ.

Сформулирована абстрактная задача контроля технического состояния систем электрической централизации на основе принципа соотнесения внутренних состояний контролируемого и эталонного объектов. Принят за основу принцип относительной численной оценки накопления качественных различий на основе проверки правильности функционирования устройств, т.е. определения случаев отказов либо сбоев системы (объекта) как фактор, в рамках которого, может рассматриваться такой вид контроля технического состояния как контроль работоспособности. Произведено сравнение моделей функционирования устройств ЭЦ на основе теории графов, теории конечных автоматов, Марковских цепей, ЛСДС, исследован временной параметр работы устройств, а также другие параметры, на основе чего обоснован выбор математического аппарата теории нечетких множеств.

Разработан метод контроля соответствия параметров функционирования объектов ЭЦ нормативным значениям, с использованием параметрического подхода к построению функции принадлежности нечеткой переменной, позволяющий автоматизировать процессы идентификации отказов и предотказных состояний устройств в реальном масштабе времени. Разработаны модели оценки технического состояния объектов ЭЦ в виде нечетких граф – моделей, позволяющие произвести оценку работоспособности контролируемых устройств в числовом виде. Для чего введено такое понятие как коэффициент технического состояния k_p (коэффициент работоспособности). Так при принятии данным коэффициентом значений от 0,9 до 1 систему можно считать полностью работоспособной, при k_p от 0,75 до 0,9 система утрачивает свою работоспособность в результате намечающейся постоянной тенденции отказов, при k_p от 0,75 и ниже техническое состояние системы требует вмешательства обслуживающего персонала. Синтезированы модели определения нештатных ситуаций в системах электрической централизации на основе их описания во временной псевдофизической логике с применением элементов теории

нечетких множеств, которые позволяют оперативно идентифицировать нештатные ситуации и устанавливать причину их появления. Разработана методика анализа технического состояния системы электрической централизации с использованием описания данного сложного объекта контроля в виде гиперграф – модели. Составлены алгоритмы и программная реализация моделей на основе современных аппаратных средств и языков программирования высокого уровня.

Результаты диссертационной работы были использованы: в научно-исследовательской работе на тему “Розробка автоматизованої системи виявлення та аналізу умов затримок поїздів”, государственный регистрационный № 0102U006314, архивный № 0203U000983, в которой автор принимал участие как исполнитель, и внедрены в виде математических моделей нештатных (опасных) ситуаций, возникающих при отказах систем ЭЦ, и алгоритмов их определения.

Ключевые слова: техническое состояние, электрическая централизация, объект контроля, модель оценки, нечеткое множество, нештатные ситуации.

SUMMARY

Radkovskiy S.A. Automation of processes of checking and evaluation of technical condition in system electrical centralization. - Manuscript.

Scientific degree's thesis awarded the candidate of technical science in speciality 05.22.20 – operation and maintenance of transport means. Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2003.

Thesis is devoted to the problems of improvement level of automations in processes of checking and evaluation of technical condition in systems of electrical centralization. In this work abstract problem of checking technical condition of station automation systems was formulated on the base of principle of a correlating the internal conditions in controlled and master objects. Suggested method in checking conformity of parameters in operations and models in evaluation of technical condition of electrical centralization objects allow to automatize checking of their capacity for work real scale of time and also to define rejections and eliminate them earlier then they will influence on the transporting process. Determination models of supernumerary situations in automation devices were synthesized on the base of their description in time of pseudophysical logic with using the elements in theory of fuzzy sets, which allow to identify supernumerary situations operatively and define the reason of their appearance. Strategy of analysis in technical system condition of electrical centralizations was developed with using description of given complex object of checking, in the manner of the hypergraph - models.

Keywords: technical condition, electrical centralization, object of checking, evaluation model, fuzzy set, supernumerary situations.

РАДКОВСЬКИЙ Сергій Олександрович

УДК 656.25:656.256:656.257

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора
Відповідальний за випуск к.т.н. доц. Чепцов М.М.

Підписано до друку _____ р. формат паперу А5, папір для
тиражувальних апаратів, друк на ризографі.
Умовн.-друк. арк. 0,9, обл.-вид. арк. 1,1
Замовлення № _____, тираж 100

Донецький інститут залізничного транспорту
830018, м. Донецьк, вул. Горна, 6