

М 25
Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту

Маренич Оксана Леонідівна

УДК 629.424.1-82: 204

Підвищення надійності систем керування рухомим
складом залізниць
на базі сучасних комутаційних елементів

05.22.07 - Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата технічних
наук

Маренич

Дніпропетровськ 1998

НТБ
ДНУЖТ

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор,
Федорець Віталій Андрійович,
Дніпропетровський державний технічний
університет залізничного транспорту,
завідуючий кафедрою " Локомотиви "

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор, Манашкін Лев Абрамович,
Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту, завідує кафедрою теоретичної механіки
- кандидат технічних наук, Черних Юрій Максимович
Український науково - дослідний проектно - конструкторський і
технологічний інститут електровозобудування, начальник відділу

Провідна установа

РАНСМАГ),
льна академія наук України,

___ 1998 р. о 14 год. на
2 при Дніпропетровському
чного транспорту (ДІІТ) за

ика Лазаряна, 2, ауд. 224
ції університету.

88 р.

—

Боднар Б.Є.

НТБ
ДНУЖТ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Забезпечення високої надійності рухомого складу залізниць, у тому числі і систем керування локомотивами, вагонами та іншим рухомих складом, - завдання першорядної ваги як з точки зору виконання графіка, безпеки руху поїздів, так і для зменшення експлуатаційних витрат, покращення умов праці робітників.

Застосування оптимального сполучення герконових та інших (в основному напівпровідникових) елементів дозволяє: зменшити кількість відказів апаратів по причинах, які характерні для відкритих контактів (окислення, підгар та ін.), та повністю напівпровідникових пристроїв (вплив температури навколишнього середовища, сплеск напруги та ін.); зменшити експлуатаційні витрати, так як відповідають роботи по зачистці контактів, регулюванню та ін., підвищити рівень безвідказності систем керування, у тому числі і за рахунок резервування.

Вирішення вказаних проблем має важливе значення при модернізації діючого та будові нового рухомого складу на підприємствах України.

Крім того, для рухомого складу залізниць України актуальним є питання заміни зношених імпортованих контактних апаратів на сучасні вітчизняні.

На відміну від контактних, напівпровідникових, магнітних комутаційних елементів, геркони та пристрої та їх бази, незважаючи на цілий ряд переваг застосування їх при певних умовах у колах рухомого складу, на теперешній час по деяким причинам не знайшли такого широкого застосування, яке відповідає їх властивостям. У зв'язку з висловленим вище, є актуальним дослідження теоретичних і практичних проблем, пов'язаних з підвищенням надійності систем керування за рахунок застосування герконових комутаційних елементів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась згідно з головними напрямками розвитку науки та техніки, Законом України про основи державної політики у сфері науки та науково-технічної діяльності, з комплексними програмами "Укрзалізниця" по підвищенню надійності рухомого складу, заміни імпортованого обладнання на ньому та відповідними щорічними координаційними планами НДКР ДІПТУ, "Укрзалізниця", по договорам з декількома залізницями та заводами по ремонту рухомого складу, а також по плану семінара: "Перетворювачі енергії в технологічних процесах транспорту" НАН України (м. Дніпропетровськ, 1995).

5954a

НТБ
ДНУЖТ

Мета і задачі дослідження.

Метою роботи є підвищення надійності систем керування рухомих складом на базі застосування герконових та герконо - напівпровідникових пристроїв, покращення організації ремонту електроапаратури та умов праці обслуговуючого персоналу, зменшення експлуатаційних витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- розробити критерії відказів герконів у пристроях рухомого складу залізниць;
- створити математичні моделі для описування ймовірності безвідказної роботи геркона в цих пристроях, експериментальну установку для перевірки адекватності математичних моделей, провести експериментальні дослідження по наработці герконів на відказ та аналіз отриманих результатів;
- розробити методи підвищення рівня безвідказної роботи систем керування РС з урахуванням властивостей герконо - напівпровідникових пристроїв;
- запропонувати принципи будови систем керування на базі цих пристроїв, які сприяють підвищенню ремонтпридатності та відновленню цих систем при зменшенні трудових витрат та покращенню умов праці, виконати дослідження по уніфікації елементів систем керування;
- з використанням отриманих результатів розбити ряд герконо - напівпровідникових пристроїв для схем РС та провести їх випробування у реальних умовах.

Для вирішення поставлених завдань у роботі були використані відповідні розділи теорії надійності, ймовірності, математичної статистики. Результати теоретичних досліджень зіставлені з даними стендових та експлуатаційних випробувань. Останні отримані при догляді за рухомих складом, обладнаним герконовими та герконо - напівпровідниковими пристроями.

Наукова новизна одержаних результатів.

До основних наукових результатів, які виносяться на захист, належать:

1. Вперше запропоновані математичні моделі та методики, які дозволяють визначити рівень безвідказності герконових пристроїв з урахуванням специфічних умов роботи апаратури систем керування рухомих складом.
2. Запропоновані критерії відказу герконів у пристроях РС, обґрунтовані засоби підвищення рівня безвідказної роботи систем керування, побудованих на базі герконо - напівпровідникових пристроїв.
3. Удосконалений блочний принцип проектування систем керування РС з урахуванням властивостей герконів; розроблені методики створення рівнонадійних блоків, визначення періодичності та об'єму їх ремонту, потрібного запасу блоків різних видів у пунктах технічного огляду та поточних ремонтів.

4. Вперше розроблені схемні рішення герконових пристроїв для деяких серій електровозів, електропоїздів, пасажирських вагонів, тепловозів

5. Принципи уніфікації апаратури систем керування РС з урахуванням властивостей герконів.

Практичне значення одержаних результатів.

Запропоновані математичні моделі та методики дозволяють на етапі проектування цілеспрямовано регулювати рівень надійності систем керування РС, побудованих на базі сучасних комутаційних елементів, що має важливе значення. Результати роботи дозволяють:

- запропонувати принцип побудови систем керування рухомим складом різних видів, як сполучення рівнонадійних функціональних блоків. З'явилась можливість при проектуванні закласти такий рівень безвідказної роботи кожного блока, який забезпечить заданий рівень безвідказності системи керування на протязі часу як мінімум між двома черговими капітальними ремонтами, що дозволить відмовитись від планових технічних доглядів та поточних ремонтів блоків;

- модернізувати існуючий рухомий склад шляхом застосування розроблених герконо - напівпровідникових пристроїв;

- підвищити безвідказність, ремонтоздатність, довговічність систем керування нового РС, який проектується;

- підвищити безпеку руху поїздів та продуктивність праці за рахунок підвищення надійності систем керування;

- покращити умови праці ремонтного персоналу, скоротити частку ручної праці при ремонті РС, зменшити витрати гостродефіцитних матеріалів.

Результати досліджень впроваджені при модернізації секцій ЕР2, електро-возів ЧС2, тепловозів ЧМЕЗ Придніпровської залізниці шляхом заміни зношених імпортних пристроїв на герконо - напівпровідникові (Договори №132 від 06.92, №24.33.96.96 від 12.95, №24.34.96.96 від 12.96 з Придніпровською залізницею; №300.95.96 ЦТех з "Укрзалізницею")

Більше трьохсот одиниць герконових пристроїв передані на Південно Західну, Придніпровську, Донецьку залізницю для заміни зношених імпортних реле RX -102 на німецьких пасажирських вагонах. (Договори №71СНЦ від 11.94 з Донецькою залізницею, №40СНЦ від 03.94 з Дніпропетровським ВРЗ)

Вісім видів герконо - напівпровідникових пристроїв розроблені для системи керування першим українським електровозом ДЕ1.(Договір №03.93 з Українським науково-дослідним проектно-конструкторським та технологічним ін-ститутом електровозобудування).

НТБ
ДНУЖТ

Експлуатація на протязі тривалого часу рухомого складу, у схемах якого запроваджені герконо - напівпровідникові пристрої підтвержує доцільність використання цих пристроїв для підвищення надійності систем керування РС.

Особистий внесок здобувача.

В публікаціях, в яких відображені основні результати дисертації та які нагнані у співавторстві, автору належать: в [1] - розробка математичних моделей для визначення імовірності безвідказної роботи геркона; [2,3,4,12] теоретичні передпосилки організації ремонту блочних систем керування рухомим складом, уніфікації герконових елементів в них, застосування оптимального сполучення різних видів комутуючих елементів, методи підвищення надійності систем керування, проведена оцінка рівня уніфікації релейних елементів в схемах керування РС; [5] рекомендації по перевірці герконових реле у деповських умовах; [7,8,9,10] - основні ознаки винаходів.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати досліджень оприлюднені, обговорені та отримали позитивний відзив на міжнародній конференції "Стан та перспективи розвитку локомотивобудування" (м. Новочеркаськ, 1994), 56-й науково - технічній конференції кафедр Харківської державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту (м. Харків, 1994), науковому семінарі кафедри "Локомотиви" Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту (м. Дніпропетровськ, 1995), 57-й науково - технічній конференції кафедр Харківської державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту з міжнародною участю (м. Харків, 1995), на семінарі інститута електродинаміки національної академії наук України "Перетворювачі енергії в технологічних процесах транспорту" (м. Дніпропетровськ, 1995), 6-й міжнародній науково - технічній конференції Московського державного технічного університету шляхів сполучення "Проблеми розвитку локомотивобудування" (м. Москва, 1996), 9-й міжнародній науковій конференції Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту (м. Дніпропетровськ, 1996), 2-й міжнародній конференції "Стан та перспективи розвитку електрорухомого складу" (м. Новочеркаськ, 1997).

Публікації.

Результати дисертації опубліковані у шістнадцяти друкованих роботах, у тому числі у шістьох статтях у збірниках наукових праць Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту, в двох статтях у нау-

кових журналах; у матеріалах чотирьох міжнародних конференцій, двох патентів на винахід та двох рішень експертизи про видачу патента.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, п'яти додатків. Повний обсяг дисертації 135 сторінок, з них ілюстрації (у кількості 22) займають 18 сторінок; таблиці (у кількості 8) займають 6 сторінок; список використаних джерел (95 найменувань) займає 10 сторінок, додатки займають 20 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі на підставі огляду літератури за темою освітлено сучасний стан поставленої проблеми, дана характеристика сучасних комутаційних елементів, використовуваних у системах керування рухомих складом, показана перспективність використання герконових елементів у схемах локомотивів та іншого рухомого складу

Зроблено аналіз недоліків напівпровідникових, феромагнітних, електроємних механічних приладів, які викликають в умовах роботи РС значні ускладнення системи керування для забезпечення потрібного рівня безвідказності.

Теорія та практика побудови та утримання систем керування С на базі якірних, напівпровідникових приладів достатньо повно освітлені у працях таких вчених, як Б.М. Тихменьов, Л.М.Трахман, О.В.Плакс, І.П.Ісєєв, В.П.Феокистов, В.І.Некрасов, М.О.Ротанов, Є.Я.Гакхель, В.А. Федорець, А.А.Босов, Тартаковський Е.Д. та інших.

У світлі вищеприведених недоліків електромеханічних та напівпровідникових комутуючих елементів очевидна перспектива використання також і герконових елементів, які по багатьом параметрам займають проміжне становище між електромеханічними та напівпровідниковими елементами.

Герконові апарати мають цілий ряд властивостей, які дозволяють підвищити надійність, уніфікацію систем керування РС та зменшити експлуатаційні витрати по утриманню локомотивів, вагонів та іншого рухомого складу.

Проведені у ДІІ Гі, у тому числі із участю автора, дослідження, лабораторні та експлуатаційні випробування дозволяють рекомендувати із багатьох десятків типів герконів, які виготовляються у країнах СНД та в Україні у теперешній час, використовувати при розробці електричних апаратів для РС геркони типів КЕМ-1, МКА-52202, МКС-52201, які повністю відповідають вимогам до апаратів

електричних тягових по кліматичному, комутаційному, механічному та іншим факторам.

Аналіз характеристик комутуючих елементів та вимог до окремих часток систем керування показує, що при проектуванні цих систем доцільне сполучення у системі усіх видів комутуючих елементів. Але для більшості випадків найбільш перспективним є оптимальне використання герконових та напівпровідникових апаратів.

Одним із основних критеріїв для вибору виду комутуючого елементу може бути потрібна швидкість дії апарата. Там, де швидкість дії апарата по умовам роботи може бути мілісекунди, перевагу мають герконові пристрої, як більш прості і дешевші; там, де потрібні мікросекунди, - безумовно напівпровідникові пристрої.

У другому розділі сформульовані критерії відмови герконів у схемах рухомого складу, показана реальність цих критеріїв; описані математичні моделі для дослідження безвідказності герконів з урахуванням специфічних умов експлуатації.

Під відмовою геркона у пристроях рухомого складу розуміємо наступне:

- явне нерозмикання (залипання), коли геркон залишається у замкнутому стані при такій дії магніторухійної сили, яка повинна привести до його розмикання;

- визначення при стендових замірах значення перехідного опору контактів більшого, ніж встановлено у технічних умовах на даний тип герконів.

У якості математичної моделі для описування ймовірності безвідмовної роботи геркона $P(N)$ пропонуємо λ - характеристику у вигляді

$$\lambda(N) = \begin{cases} 0, & N < N_0; \\ A(N-N_0), & N \geq N_0; \end{cases} \quad (1)$$

де N - кількість комутацій геркона на момент закінчення досліду;

N_0 - параметр моделі, який показує, що якщо $N \geq N_0$, то можливо з'явиться відмова;

A - коефіцієнт, характеризуючий приріст інтенсивності відказів;

$\lambda(N)$ - інтенсивність відказів.

$$\text{Відомо} \quad P(N) + F(N) = 1, \quad (2)$$

де $F(N)$ - ймовірність відказів.

$$\lambda(N) = f(N) / P(N) \quad (3)$$

$$f(N) = F'(N) = -P'(N) \quad (4)$$

де $f(N)$ - щільність розподілу ймовірності відказів.

НТЕ
ДНУЖТ

На базі формул (2);(3);(4) після перетворень визначена інтегральна залежність $P(N)$ від $\lambda(N)$

$$P(N) = e^{-\int_0^N \lambda(N) dN} \quad (5)$$

При $N < N_0$ згідно моделі (1) маємо $\lambda(N)=0$, і тоді згідно (5) маємо

$$P(N)=1.$$

При $N \geq N_0$ маємо:

$$P(N) = e^{-\frac{A}{2}(N-N_0)^2}$$

Тоді модель (1) запишеться у вигляді:

$$P(N) = \begin{cases} 1, & N < N_0, \\ e^{-\frac{A}{2}(N-N_0)^2} & N \geq N_0; \end{cases} \quad (6)$$

Пропонуємо розглядати N_0 та A при конкретному характері навантаження, як деякі функції від

$$W=IU, \quad (7)$$

де I , U - відповідно струм та напруга, при яких геркон комутує, та прийняти ці функції у вигляді:

$$N_0 = b/W \quad A = a W \quad (8)$$

Якісний характер та вибір моделей для N_0 та A у вигляді (8) виходить із слідуєчих міркувань: якщо $W \rightarrow 0$, то $N_0 \rightarrow \infty$, а $A \rightarrow 0$.

Згідно з (4) та (6) при $N \geq N_0$:

$$f(N) = aW (N-b/W) e^{-\frac{aW}{2}(N-b/W)^2} \quad (9)$$

Імовірність того, що із n дослідних герконів m відказали, а $n-m$ на момент закінчення досліду не відказали характеризується функцією правдоподібності L_n , яка для конкретних I - х умов роботи запишеться:

$$L_n = f(N_1) \dots f(N_n) =$$

НТБ
ДНУЖТ

$$= a^m \prod_{i=1}^m W_i (N_i - b/W_i) e^{-\frac{a}{2} \sum_{i=1}^m W_i (N_i - b/W_i)^2} \cdot e^{-\frac{a}{2} \sum_{i=1}^m W_i (N_i - b/W_i)^2} \quad (10)$$

Вирази для a та b одержані на базі (10) при умові, щоб значення L_{Π} при цьому було найбільшим. При цьому:

$$a = \frac{2m}{\sum_{i=1}^n W_i (N_i - b/W_i)^2} \quad (11)$$

$$-\sum_{i=1}^m \frac{1}{W_i (N_i - b/W_i)} + \frac{2m \sum_{i=1}^n (N_i - b/W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i (N_i - b/W_i)^2} = 0 \quad (12)$$

Рівняння (12) дозволяє визначити b , а потім, у відповідності з (11), знайти a , що завершує розкриття моделі (8), і таким чином дозволяє побудувати модель відказу геркона по нерозмиканню.

По фізичному змісту параметр b позитивний, і одночасно він повинен бути таким, щоб виконувалась умова:

$$N_i - b/W_i \geq 0 \quad i = \overline{1, m}, \quad (13)$$

звідки отримуємо, що

$$b \leq \min N_i W_i \quad 1 \leq i \leq m \quad (14)$$

Обмеження (13) випливає з того, що $L_{\Pi} \geq 0$, як щільність розподілу вибірки.

Таким чином, серед усіх рішень рівняння (12) потрібно брати тільки ті, які задовольняють умові (13), або

$$0 \leq b \leq \min N_i W_i \quad 1 \leq i \leq m \quad (15)$$

Обробка статистичних даних стендових випробувань герконів показала:

$$\left. \begin{array}{l} N_0 = 0 \\ A = aW \end{array} \right\} \quad (16)$$

Таким чином:

$$P(N) = e^{-\frac{a}{2} W N^2}, \quad a \quad (17)$$

$$f(N) = -P'(N) = aWN e^{-\frac{a}{2} W N^2} \quad (18)$$

Середня кількість комутацій до відмови $M[\xi]$ (математичне очікування):

$$M[\xi] = \sqrt{\frac{\pi}{2aW}} \quad (19)$$

Середньоквадратичне відхилення σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{4}{2aW} \pi} \quad (20)$$

Інтенсивність відмов $\lambda(N)$:

$$\lambda(N) = aWN \quad (21)$$

У третьому розділі досліджена проблема підвищення надійності систем керування РС шляхом застосування сучасних комутаційних елементів. Досліджені схемні методи підвищення безвідмовності систем з урахуванням властивостей сучасної елементної бази, способи захисту герконів, вплив рівня навантаження та факторів навколишнього середовища на безвідказність герконів.

Висвітлені питання ремонтоздатності та відновлення систем керування РС з урахуванням властивостей герконо - напівпровідникових пристроїв.

Запропоновано блочний принцип побудови систем керування електровозами, тепловозами, вагонами та іншим рухомих складом; розроблені математичні схеми розрахунку ремонтоздатності блочної системи керування і кількості запасних блоків у пунктах технічного догляду та поточного ремонту.

Параметри герконових пристроїв дозволяють застосовувати схемні методи для підвищення безвідмовності систем керування РС, що особливо важливо для електричних кіл приладів гальмування. Обґрунтовано, що із усіх відомих методів резервування у нашому випадку найбільш доцільні загальне (рис.1) та роздільне (рис.2).

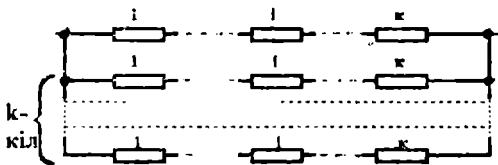


рис.1 схема загального резервування

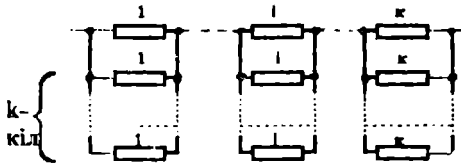


рис 2 схема роздільного резервування

НТБ
ДНУЖТ

У схемах РС усі ($k + 1$) кіл доцільно виконувати рівнонадійними. У цьому випадку:

$$P_{\text{заг}}(N) = 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^K \left(1 - \frac{aWN^2}{2} \right)^{k+1} \right) \quad (22)$$

$$P_{\text{розд}}(N) = \prod_{i=1}^K \left(1 - (1 - P_i(N))^{k+1} \right) \quad (23)$$

Як показує досвід, у схемах РС $K \leq 8$, а значення k доцільно приймати $k=1$, або $k=2$ у найбільш важливих з точки зору безпеки руху колах.

Дослідження показали, що при однакових значеннях K та k маємо:

$$P_{\text{заг}}(N) > P_{\text{розд}}(N) \text{ при } k = 2 \text{ та } K = 2;$$

у всіх інших випадках:

$$P_{\text{розд}}(N) > P_{\text{заг}}(N).$$

У роботі розроблені рекомендації по захисту герконів при комутації ними таких характерних для схем РС видів навантажень, як катушки апаратів з постійною часу $\tau \leq 0,05\text{с}$ та лампи.

Досвід лабораторних та експлуатаційних випробувань показує, що коефіцієнт навантаження K_n герконів з метою підвищення їх безвідмовності повинен бути $K_n \leq 0,4 + 0,6$; використання магнітних екранів у герконових реле виключає вплив зовнішніх магнітних полів.

Масо-габаритні та інші параметри герконо - напівпровідникових пристроїв дозволяють будувати систему керування РС у виді сукупності функціональних блоків, що значно підвищує ремонтоздатність та технологічність апаратів систем керування. Характеристики сучасних герконових, напівпровідникових елементів дозволяють створювати високонадійні блоки, які забезпечують працездатність з заданим рівнем безвідмовності від заводського ремонту до слідуючого заводського ремонту, не потребуючи технічних доглядів та поточних ремонтів.

У дисертації показано, що імовірність безвідказної роботи блочної системи керування між двома заводськими суміжними ремонтами запишеться як:

$$P_{\text{сист}}(L) = \prod_{i=1}^K \prod_{j=1}^K \prod_{l=1}^K \left(1 - \frac{aWN^2}{2} (t_i f_{ij})^2 \right)^c \left(\prod_{l=1}^K P_c(L) \right) \quad (24)$$

де $P_{\text{сист}}(L)$ - імовірність безвідказної роботи системи керування після пробігу L км;

Q - кількість блоків у системі;

K - кількість типів герконів у кожному блоці;

q - кількість герконів K -го типу у кожному блоці;

t_i - час у годинах, відповідних пробігу L ;

f_i - кількість комутацій i -го геркона у годину;

c - кількість інших, негерконових, елементів у блоці.

Розроблена математична схема визначення достатньої кількості m блоків даного типу у пунктах технічного огляду та поточного ремонту для забезпечення достатньої імовірності безвідказної роботи системи керування $P_{\text{дост}}(T_{\text{зб}})$ при загальній кількості у експлуатації n блоків даного типу, де $T_{\text{зб}}$ - час забезпечення; за цей час усі несправні блоки даного типу повинні бути відремонтовані.

Для потоку відказів герконо-напівпровідникових блоків характерні: властивість стаціонарності, відсутність післядії, умова ординарності; з урахуванням цих характеристик прийнято, що потік відказів блоків найпростіший пуассоновський. Згідно з законом Пуассона:

$$P_{\text{дост}}(T_{\text{зб}}) = \frac{a^m}{m!} e^{-a} \quad (m = 1, 2, \dots, \infty), \quad (25)$$

де $a = \frac{K_{\text{из}} n T_{\text{зб}}}{m_{\text{ис}}}$ - середній росхід блоків за час забезпечення $T_{\text{зб}}$ при середньому напрацюванні до відказу блока даного типу $m_{\text{ис}} = 1/\lambda$;
 $K_{\text{из}}$ - коефіцієнт марних замін.

Після деяких перетворень виразу (25) з урахуванням умов експлуатації РС залізниць отримано:

$$P_{\text{дост}}(T_{\text{зб}}) = e^{-a} \sum_{k=0}^m \frac{a^k}{k!} = 1 - \sum_{k=m+1}^{\infty} \frac{a^k}{k!} e^{-a} = 1 - q(m+1), \quad (26)$$

$$q(m) = \sum_{k=m}^{\infty} \frac{a^k}{k!} e^{-a} - \text{табулована функція.}$$

Якщо по формулі (26) знайти кількість запасних блоків даного типу m і розташувати цю кількість блоків у пунктах технічного огляду та поточного ремонту, то можна гарантувати з імовірністю $P_{\text{дост}}(T_{\text{зб}})$, що РС не буде простоювати у цих пунктах із-за відказу блока даного типу, так як відказ буде усунено за час менший, ніж плановий час огляду чи ремонту РС. Розроблені теоретичні передпосилки уніфікації релейних елементів у системах керування РС. При цьому за-

пропоновані показники та ознаки уніфікації релейних елементів у схемах керування РС. Запропонована математична модель оптимізації параметричного ряду релейних елементів, яка складається із цільової функції та її обмежень. Вираз для цільової функції $\zeta(U^N)$.

$$\zeta(U^N) = \sum_{U \in U^N} 3^*(U) + \sum_{X \in X} \varphi(X) \min_{U \in U^N} 3(U, X) (1 + E_n)^{t_p - t} \quad (27)$$

де $3^*(U)$ - постійні витрати на реле одного виду, незалежні від їх кількості в експлуатації (капітальні витрати);

$3(U, X)$ - витрати на задоволення потреби у реле з головним параметром X з допомогою реле з головним параметром U , тобто $3(U, X)$ - поточні (експлуатаційні) витрати;

$\varphi(X)$ - функція попиту на кожен вид X реле на множині X реле з різною кількістю герконів; ця функція може бути знайдена методом обробки статистики попиту, на базі якого складаються регресії;

N - кількість видів уніфікованих реле в досліджуваному параметричному ряді.

Під "видом" розуміємо вид (замикаючий, розмикаючий, перемикальний) контактів на виході виконавчого органу та їх кількість.

Параметричний ряд U^N це:

$$U^N = (U_1, U_2, \dots, U_k, \dots, U_N), \quad (28)$$

де U_k - значення головного параметра K -го виду уніфікованого реле;

Головний параметр реле - кількість герконів у ньому. На основі аналізу максимальну кількість контактів в реле існуючого рухомого складу приймаємо рівним дев'яти.

$(1 + E_n)^{t_p - t}$ - коефіцієнт, що враховує фактор часу для поточних витрат;

E_n - норматив приведення різнотермінових витрат до розрахункового року,

t_p - порядковий номер розрахункового року, починаючи від початкового;

t - порядковий номер t -го року експлуатації параметричного ряду реле, починаючи від початкового року розрахункового терміну.

У нашому випадку розрахунковий та початковий роки збігаються, тому $t_p = 1$

Задача оптимізації параметричного ряду герконових реле полягає у мінімізації цільової функції за термін розрахункового періоду.

Ця задача сформульована у наступному способі: задано деяке число N_0 ; необхідно знайти члени ряду U_k , $k = 1, 2, \dots, N$ при умові:

$$C_N = \min_{0 < N \leq N_0} E(C_N) \quad (29)$$

У четвертому розділі даються відомості про практичне застосування результатів роботи при модернізації систем керування рухомим складом, який експлуатується на Придніпровській, Південно - Західній, Донецькій залізницях, а також при проектуванні першого українського електровозу ДЕ1.

Наведені деякі схеми розроблених при участі автора герконо - напівпровідникових пристроїв часу, перевантаження по струму, диференціальних.

Розглянуті техніко - економічні показники застосування герконо - напівпровідникових пристроїв у схеми РС.

Досвід експлуатації цих пристроїв показує, що їх термін окупності значно менше нормативного.

У додатках наведено проміжні формули і розрахунки, схема експериментальної установки, реквізити документів про впровадження результатів досліджень.

ВИСНОВКИ

Дисертація містить отримані автором нові науково обгрунтовані теоретичні та експериментальні результати, які в сукупності є суттєвими для розвитку нашої науки: підвищення надійності систем керування залізничним рухомим складом.

Дана дисертаційна робота сприяє ліквідуванню відставання у питанні використання в системах керування рухомим складом залізниць герконових комутаційних пристроїв порівняно з іншими галузями техніки.

У висновках стисло сформульовані наступні основні результати роботи:

1. Аналіз властивостей сучасних комутаційних елементів (відкритих контактів, напівпровідникових та магнітних елементів, герконів) показав, що при проектуванні систем керування рухомим складом найбільш доцільним і реально здійснюваним є оптимальне сполучення цих елементів, що дає можливість знизити експлуатаційні витрати та підвищити надійність цих систем.
2. Запропоновані та обгрунтовані критерії для поняття " відказ " геркона у пристроях систем керування РС.
3. Розроблена математична модель для описування імовірності безвідказності геркона у системах керування РС, на базі якої виведені формули для кількісного визначення імовірності безвідказної роботи геркона, середнього числа їх комутацій до відказу з урахуванням специфічних умов роботи апаратури у цих системах

4. Показано, що із усіх відомих методів схемного резервування для систем керування РС найбільш доцільні загальне та роздільне резервування електричних кіл. При цьому системи найбільш прості, а їх елементи розвантажуються, що сприяє підвищенню їх безвідказності.

5. Рекомендується у колах керування РС для підвищення безвідказності герконів підключати паралельно до них елементи R-C та діод у зворотньому напрямку до індуктивностей навантаження, а струмове навантаження герконів зменшувати до 0,6 і менше порівняно з номінальним струмом.

6. Показано, що оптимальне сполучення герконових та напівпровідникових елементів дозволяє будувати систему керування РС у вигляді сукупності функціональних блоків, що значно підвищує надійність цих систем (безвідказність, ремонтоздатність, довговічність), сприяє покращенню організації ремонту електроапаратури та умов праці обслуговуючого персоналу, зменшенню експлуатаційних витрат.

Теоретично обґрунтовані принципи та методи побудови функціонального блока, які забезпечують потрібний рівень безвідказності блока між двома черговими капітальними ремонтами.

7. З використанням теорії ймовірностей розроблен метод визначення необхідної кількості запасних функціональних блоків кожного типу у пунктах технічного огляду та поточного ремонту РС для забезпечення потрібного рівня безвідказної роботи системи керування.

8. Розроблені теоретичні передумови уніфікації релейних герконових елементів в системах керування РС.

9. Стендові випробування герконо - напівпровідникових пристроїв показали повне суміщення герконових та напівпровідникових елементів, можливість створення герконо напівпровідникових пристроїв, які задовольняють вимоги до апаратів електричних тягових. Для пристроїв РС рекомендуються геркони типів МКА - 52202, МКС - 52201, КЕМ - 1.

10. Експлуатація багатьох сотень герконо - напівпровідникових пристроїв на протязі декілька років на електровозах ЧС2, ЧС4, тепловозах ЧМЕЗ, електропоїздах ЕР2, пасажирських вагонах підтверджує їх високу надійність; можливість зниження витрат, економії гостродефіцитних матеріалів, покращення організації ремонту електроапаратури та умов праці. Витрати на модернізацію РС окупляються за 3-4 роки.

Найбільш ефективне застосування герконо - напівпровідникових пристроїв при проектуванні систем керування нових локомотивів, вагонів та інших видів рухомого складу залізниць, будівництво яких розпочато в Україні.

Список опублікованих автором праць, в яких висвітлено основні положення і результати дисертації.

1. Босов А.А., Маренич О.Л. Методика определения параметров надёжности герконовых устройств в системах управления электроподвижным составом // Совершенствование устройств электрического транспорта. - Днепропетровск: ДИИТ. - 1995. - С. 92-97

2. Дубинец Л.В., Корепанова Л.В., Маренич О.Л. Организация обслуживания систем управления ЭПС, выполненных на основе герконовых функциональных блоков // Повышение эффективности работы устройств электрического транспорта. - Днепропетровск: ДИИТ. - 1993. - С.20-24.

3. Дубинец Л.В., Казёнов Е.В., Маренич О.Л. Оптимальное сочетание современных коммутационных аппаратов - один из путей повышения надёжности систем управления подвижным составом // Улучшение конструкции и обслуживание подвижного состава железных дорог. - Днепропетровск: ДИИТ. - 1996. - С. 77-80.

4. Дубинец Л.В., Маренич О.Л., Корепанова Л.В. Теоретические предпосылки унификации герконовых реле в схемах управления электроподвижным составом // Совершенствование устройств электрического транспорта. - Днепропетровск: ДИИТ. - 1995. С. 4-8.

5. Дубинец Л.В., Маренич О.Л. Регулирование коэффициента возврата герконовых реле в схемах электроподвижного состава постоянного тока // Совершенствование устройств электрического транспорта. - Днепропетровск: ДИИТ. - 1995. С. 83 - 86.

6. Маренич О.Л. О некоторых параметрах депоовских источников питания для герконовых устройств // Улучшение конструкции и обслуживание подвижного состава железных дорог. - Днепропетровск: ДИИТ. - 1996. С. 77-80.

7. Патент на винахід 9506А Н01Н1/66, Н01Н1/54 Україна. Блокувальний герконовий пристрій для електромагнітних контакторів / Л.В.Дубинець, В.А.Жлоба, А.А. Каблуков, О.Л.Маренич, А.К.Цибулівський (Україна); Заявл. 05.07.93; Опубл. 30.09.96. - 4 с.

8. Патент на винахід 17868А Н01Н 51/28 Україна. Високовольтне герконове реле перевантаження. / Л.В.Дубинець, О.Л. Маренич (Україна). Заявл. 25.04.94; Опубл. 03.06.97. - 2 с.

9. Решение экспертизы о выдаче патента Украины на изобретение МПК⁵ Н01Н 51/28. Дифференциальное герконовое реле / Л.В.Дубинець, О.Л.Маренич. Заявл. 25.04.94. № заявки 94042826. Решение от 26.12.1996.

НТБ
ДНУЖТ

10. Решение экспертизы о выдаче патента Украины на изобретение МПК⁶ H02 H3/20. Устройство для защиты от перенапряжений. О.Л.Маренич, А.В.Маренич. Заявл. 06.09.94. № заявки 94096863. Решение от 25.12.1996.

11. Маренич О.Л. Повышение надёжности систем управления подвижным составом на базе современных коммутационных элементов // Тезисы докладов на 9-ой Междунар. конф. "Проблемы механики железнодорожного транспорта. Динамика, надёжность и безопасность подвижного состава." - Днепропетровск: ДИИТ. - 1996. - С. 225-226.

12. Федорец В.А., Маренич О.Л., Момот А.И. Принципы унификации реле в схемах управления подвижным составом // Тезисы 6 ой Междунар. конф. "Проблемы развития локомотивостроения" - Москва: МИИТ. - 1996. - с.8.

АНОТАЦІЯ

Маренич О.Л. Підвищення надійності систем керування рухомих складом залізниць на базі сучасних комутаційних елементів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 1998.

Дисертація присвячена питанням теоретичних та експериментальних досліджень по проблемі підвищення надійності систем керування рухомих складом залізниць на базі сучасних комутаційних елементів. Розроблені математичні моделі для визначення безвідказності роботи герконів з урахуванням специфічних умов експлуатації рухомого складу, теоретичні передумови уніфікації релейних елементів, методи підвищення надійності систем керування, принципи будови та експлуатації цих систем у вигляді сукупності функціональних блоків з потрібним рівнем безвідказності кожного з них. Наведені приклади практичного впровадження результатів досліджень у схемах електропоїздів, тепловозів, пасажирських вагонів; наведені дані про економічну ефективність впровадження результатів роботи.

Ключові слова: геркон, математична модель, герконо - напівпровідниковий пристрій, безвідказність, ремонтпридатність, довговічність, система керування, рухомий склад залізниць.

АННОТАЦИЯ

Маренич О.Л. Повышение надёжности систем управления подвижным составом железных дорог на базе современных коммутационных элементов. Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. - Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 1998.

Диссертация посвящена вопросам теоретических и экспериментальных исследований по проблеме повышения надёжности систем управления подвижным составом железных дорог на базе современных коммутационных элементов. Разработаны математические модели для определения безотказности работы герконов с учётом специфических условий эксплуатации подвижного состава, теоретические предпосылки унификации релейных элементов, методы повышения надёжности систем управления, принципы построения и эксплуатации этих систем в виде совокупности функциональных блоков с необходимым уровнем безотказности каждого из них.

Приведены примеры практической реализации результатов исследований в схемах электропоездов, тепловозов, пассажирских вагонов; приводятся данные об экономической эффективности внедрения результатов работы.

Ключевые слова: геркон, математическая модель, герконо-полупроводниковое устройство, безотказность, ремонтпригодность, долговечность, система управления подвижной состав железных дорог.

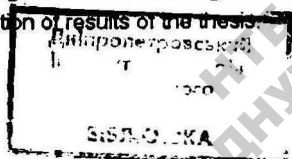
ANNOTATION

Marenich O.L. Increasing of reliability of systems managing the railway rolling stock on the basis of contemporary communication elements. - Manuscript.

Thesis is submitted for a candidate's degree in technical science in speciality 05.22.07 Rolling-Stock and Traction, Dnipropetrovsk State Technical University of Railway Transport, Dnipropetrovsk, 1997

Technical and experimental researches on the problem of increasing of reliability of systems managing railway rolling-stock are defended on the basis of contemporary communication elements. Mathematical models for determination of unfailing of hercons' functioning taking into account specific conditions of exploitation of railway rolling-stock, theoretical preconditions of unification of relay elements, methods of increasing of reliability of managing systems, principles of construction and exploitation of these systems in state of totality of functional blocks with the necessary level of reliability of each of them have been elaborated.

The examples of practical realization of results of the researches in the schemes of electric and diesel locomotives, passenger carriages have been brought as well as the data concerning economical efficacy of introduction of results of the thesis.



5954a

Key words: hermetic contact, the model of mathematics, hermetic semi-conductor equipment, reliability of the control, rolling - stock of hts railway.

Підписано до друку 08.01.98. Папір для розмножувальних апаратів. Друк офсетний. Умовн. друк. арк. I, 0. Обл.-видавн. арк. I, I. Зам. 23. Тираж 100 прим. Безкоштовно.

Дільниця оперативної поліграфії ДіІТу:320700,ДСП, Дніпропетровськ, ІО, вул. Акад.В.А.Лазаряна, 2