

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
(ДНІТ)

На правах рукопису

МОМОТ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ



УДК 629.4.054

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ
ШЛЯХОМ УНІФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЛЕ**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць
та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття вченого ступеню
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2000

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматизованого електропривода Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту (ДНІТ) Міністерства транспорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ДУБИНЕЦЬ Леонід Вікторович,
Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту Міністерства транспорту України,
завідуючий кафедрою автоматизованого електропривода

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Браташ Віктор Олександрович, Український науково-
дослідний проектно-конструкторський інститут
електровозобудування (УЕЛНДІ) Мінпромполітики
України, директор інституту;
кандидат технічних наук, доцент Салов Володимир
Олександрович, Національна гірнича академія України
Міністерства освіти і науки України, професор кафедри
“Рудничний транспорт”

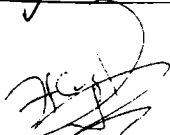
Провідна установа: Харківська державна академія залізничного транспорту -
кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу
Міністерства транспорту України

Захист відбудеться " 3 травня 2000 р. о 14 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д08.820.02 по захисту дисертацій при
Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного
транспорту за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В.А. Лазаряна, 2,

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці університету

Автореферат розісланий " 31 серпня 2000 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, доцент



І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

У теперішній час на залізницях України експлуатується рухомий склад (РС) виробництва багатьох країн. Заводи-будівники локомотивів та вагонів застосували у схемі ті реле, які поставлялись на ці заводи традиційно, або виходячи з інших місцевих умов. Велике різноманіття застосовуваних типів реле утрудняє ремонт РС на основі взаємозамінності, вимагає забезпечити відповідну номенклатуру запасних реле та запчастин для їх ремонту. Аналіз літературних та інших джерел показує відсутність комплексного теоретичного дослідження наукової задачі уніфікації релейних елементів та ціленаправленого впровадження уніфікованих реле у схеми РС.

Актуальність теми. Уніфікація релейної апаратури підвищує ефективність експлуатації рухомого складу за рахунок збільшення продуктивності праці при її виготовленні та експлуатації, сприяє зменшенню запасу реле для безперервного ремонту локомотивів, вагонів, підвищує надійність останніх, а отже і безпеку руху поїздів.

У теперішній час в Україні прийнято рішення продовжити життя діючих локомотивів та вагонів. З цієї метою проводяться капітально-відбудовні ремонти РС. При виконанні таких ремонтів найбільш раціонально впроваджувати нове високонадійне уніфіковане електрообладнання на сучасній елементній базі, що є одним з ефективних заходів по покращанню техніко-економічних показників РС. Максимальне покращання показників уніфікації доцільно і при будові нового рухомого складу.

Але процес уніфікації електроапаратів, у тому числі й реле, поки практично не йде, і однією з причин цього є відсутність потрібних досліджень.

У дисертації вперше комплексно досліджені основні задачі, зв'язані з уніфікацією релейної апаратури РС з урахуванням сучасних можливостей.

В зв'язку з вищевикладеним, тема роботи актуальна і її виконання доцільно для покращання техніко-економічних показників рухомого складу, особливо у сучасних умовах роботи залізниць України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрямок пов'язаний з планом виконання науково-дослідних робіт у Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту (ДІТі) в галузі вдосконалення систем керування рухомим складом.

Робота виконана відповідно з головним напрямком розвитку науки та техніки, законом України про основи державної політики у сфері науки та науково-технічної діяльності, відповідно до щорічних координаційних планів НДДКР "Укрзалізниця", концепцією та програмою реструктуризації на залізничному транспорті України.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації рухомого складу залізниць України шляхом уніфікації його релейних елементів.

6063a

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні наукові задачі:

- запропонувати критерії уніфікації релейної апаратури та з їх допомогою на базі статистичних даних про застосування реле оцінити рівень уніфікації реле у схемах РС, експлуатованого на залізницях України;
- провести дослідження для вибору сучасної елементної бази уніфікованих релейних пристроїв;
- створити математичну модель для оптимізації параметричних рядів груп контактів релейних пристроїв;
- створити математичну модель для дослідження ефективності уніфікації та одночасного підвищення рівня безвідказної роботи релейних пристроїв з точки зору зменшення кількості запасних реле для забезпечення безперебійного ремонту РС;
- з використанням одержаних результатів розробити принципи уніфікації високонадійних релейних елементів у схемах РС з метою підвищення ефективності його експлуатації.

Методи досліджень. У роботі використані методи та загальноприйняті положення по уніфікації виробів у інших галузях техніки, методи математичного моделювання, елементи класичних теорій ймовірності, методи техніко-економічного аналізу.

Експериментальна перевірка основних положень роботи виконана на діючому РС.

Наукова новизна одержаних результатів. До основних наукових результатів, одержаних автором особисто і які виносяться до захисту відносяться:

1. Вперше запропоновані критерії кількісної оцінки рівня уніфікації релейних елементів у схемах керування електровозами, тепловозами, вагонами та іншим рухомим складом залізниць.
2. Встановлені обмеження та інші параметри “цільової функції” для визначення оптимального параметричного ряду проміжних реле з урахуванням специфічних умов експлуатації РС.
3. Математична модель розроблена автором для дослідження ефективності уніфікації з точки зору зменшення об’єму запасних релейних пристроїв для забезпечення безперебійного ремонту РС з урахуванням ймовірності відказу релейних елементів та ймовірності того, що запасу буде достатньо для заміни реле, які підлягають ремонту.
4. Подальший розвиток принципів організації ремонту релейної апаратури на основі взаємозамінності.
5. Результати досліджень по вибору сучасної елементної бази для уніфікованих високонадійних релейних пристроїв.

У цілому наукова новизна результатів роботи полягає у реалізації отриманих математичних моделей, закономірностей, з допомогою яких можливо підвищити рівень уніфікації та надійності релейних пристроїв на етапі проектування схем

рухомого складу, який підлягає модернізації, або нового; у переході від якісної оцінки уніфікації релейних пристроїв до кількісної.

Одержані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати у сукупності є суттєвими для розвитку галузі науки про електрообладнання рухомого складу залізниць.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані математичні моделі, отримані закономірності та інші результати рекомендуються для використання при розробці схем керування рухомим складом з метою підвищення ефективності його експлуатації за рахунок:

- збільшення рівня взаємозамінності релейних пристроїв, виконуючих однакові функції у схемах різних видів рухомого складу;
- зменшення об'єму запасних релейних пристроїв для забезпечення безперебійного ремонту РС;
- покращення умов роботи та зменшення частки ручної праці при виготовленні реле та їх обслуговуванні, зменшення витрат гостродефіцитних матеріалів (міді, срібла, електротехнічної сталі);
- підвищення надійності систем керування локомотивами та вагонами, що у свою чергу підвищує безпеку руху поїздів.

Особистий внесок здобувача у сумісних публікаціях:

- запропоновано при уніфікації реле у схемах РС використати ряди у вигляді арифметичних або геометричних прогресій, прийнявши в якості головного параметра кількість контактів [82];
- інші наукові праці опубліковані без співавторів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на: 6-й міжнародній науково-технічній конференції Московського державного університету шляхів сполучення "Проблеми розвитку локомотивобудування" (Москва, МПТ, 1996 р.); семінарі інституту електродинаміки національної академії наук України "Перетворювачі енергії у технологічних процесах транспорту" (Дніпропетровськ, ДІТ, 1999 р.); сумісному науковому семінарі кафедр автоматизованого електропривода, електрорухомого складу, локомотивів, вагонів (Дніпропетровськ, ДІТ, 1999 р.); науково-технічній раді Українського науково-дослідного проектно-конструкторського та технологічного інституту електровозобудування (Дніпропетровськ, УЕЛНДІ, 1999 р.); УІ міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія та практика" (Алушта, 1999 р.); X міжнародній конференції "Проблеми механіки залізничного транспорту. Динаміка, надійність та безвідказність рухомого складу" (Дніпропетровськ, 2000 р.); опубліковані у печатних роботах, в тому числі у статтях в збірниках наукових праць Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту

Публікації. Результати дисертації опубліковані у шести статтях у наукових виданнях та матеріалах трьох міжнародних конференцій.

Дисертаційну роботу складають вступ, чотири розділи та висновки, що викладені на 168 сторінках машинописного тексту і що містять 49 рисунків і 58 таблиць, а також перелік використаних джерел із 97 найменувань, викладений на 11 сторінках, 6 додатків, викладених на 67 сторінках. Ілюстрації (рисунки) і таблиці, які розміщені на окремих сторінках дисертації, займають 50 сторінок. Повний об'єм дисертації складає 246 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *першому розділі* проаналізовано сучасний стан задачі, дана характеристика релейних елементів, які застосовані на діючому рухомому складі залізниць України. Розглядаються тільки електричні реле, які найбільше застосовуються у схемах РС.

Для оцінки рівня уніфікації реле у схемах РС вибрані коефіцієнти: частість застосування реле даного типу $K_N = \frac{N_j}{N}$, коефіцієнт повторюваності $K_\Pi = \frac{N}{M}$, частість застосування реле даного типу з урахуванням кількості типів реле $K_M = \frac{1}{M}$, де N_j – кількість реле даного типу; N – загальна кількість реле; M – кількість типів реле. Вказані коефіцієнти найбільш повно характеризують рівень уніфікації реле у схемах РС.

Проведена з допомогою K_N , K_Π , K_M оцінка рівня уніфікації реле у схемах електросекцій ЕР2, ЕР9м, ЕР2Р, електровозів ЧС2, ЧС2^Г, ВЛ8, ВЛ10, ВЛ10^У, ВЛ60^К, ЧС4, ВЛ11, тепловозів ЧМЕЗ, 2Т116, дизель-поїздів ДР1, пасажирських вагонів типів 47Д та 61-425 (ЦМВО-66). Аналіз результатів цієї оцінки показав, що середні значення показників уніфікації по серіям РС дуже низькі. Найгірші показники уніфікації для проміжних реле, які в відсотках від максимально можливих значень у середньому дорівнюють: $K_N = 30,2\%$; $K_\Pi = 38,9\%$; $K_M = 44,8\%$. Для окремих серій РС ці показники значно гірші. Так для електросекцій ЕР9м: $K_N = 3,7\%$; $K_\Pi = 2,45\%$; $K_M = 9\%$. Значно гірші, чим для серій РС, показники уніфікації для видів (масивів) реле (проміжні, струму, часу, диференційні, напруги) по мережі залізниць. Найгіршими показниками у цьому випадку характеризуються також проміжні реле. Для них середні значення показників уніфікації в порівнянні з максимально можливими склали: $K_N = K_\Pi = K_M = 2,86\%$.

Найбільш високими показниками уніфікації характеризуються диференційні реле. По мережі залізниць показники уніфікації для них в порівнянні з максимально можливими значеннями склали: $K_N = K_\Pi = K_M = 10\%$.

Низькі значення показників уніфікації реле в схемах діючого РС підтверджують актуальність дисертаційної роботи. Підвищення уніфікації сприяє підвищенню ефективності утримання РС за рахунок зниження вартості і підвищення якості ремонту, застосування прогресивних технологічних процесів, скорочення об'єктів та термінів робіт при ремонті електрообладнання.

З точки зору вимог до апаратів електричних тягових проведено порівняння характеристик ярких електромагнітних, магнітних, напівпровідникових, герконових комутаційних елементів. Дослідження показали, що найбільш доцільним у теперішній час при розробці уніфікованих реле проміжних, струму, часу, диференційних, напруги є раціональне поєднання напівпровідникових та герконових елементів. В якості основних елементів сприймаючого органу реле рекомендуються мікросхеми 561, 564, а для вихідних органів – герконові реле типу РПГ-8, герсикони КМГ-12 та контактори на їх базі. При цьому замість декілька десятків типів контактів вихідних органів, застосованих у теперішній час, можливо використати тільки три: геркони типів МКС-52201, МКА-52202 та герсикон КМГ-12.

У *другому розділі* розв'язана задача уніфікації проміжних та інших видів реле рухомого складу.

Сполучення різних варіантів замикаючих, розмикаючих, перемикаючих контактів у одного проміжного реле – це “група” контактів. Відсотковий склад груп контактів даного виду від загальної кількості груп контактів – частість застосування групи контактів даного виду, яку позначимо через K'_N . Аналіз показав, що у схемах діючого РС на залізницях України застосовується двадцять видів груп допоміжних контактів (рис. 1).

Уніфікацію проміжних реле розглядаємо як задачу, мета якої заключається у визначенні сполучення типів реле, застосування яких дає найбільшу ефективність. Як і в інших галузях техніки, в основу уніфікації проміжних реле РС пропонуємо покласти параметричні ряди.

Параметричний ряд – закономірно побудована у заданому діапазоні сукупність чисельних значень головного параметра реле одного функціонального призначення. В якості головного параметра проміжних реле прийнята кількість контактів. Це обумовлено тим, що кількість контактів – вирішуючий показник, який забезпечує задану логіку схеми, і він не залежить від вдосконалень інших елементів реле і технології їх виготовлення. З метою уніфікації пропонується застосовувати тільки перемикаючі контакти, які в разі потреби можуть бути використані як замикаючі, так і як розмикаючі.

Основні параметри реле (габарити, вага, напруга, потужність котушки та ін.) визначають його якість. Сформульовані наступні ознаки уніфікації масивів реле для схем РС:

- підпорядкування головного параметра законам параметричних рядів;
- однаковість конструкторського оформлення;

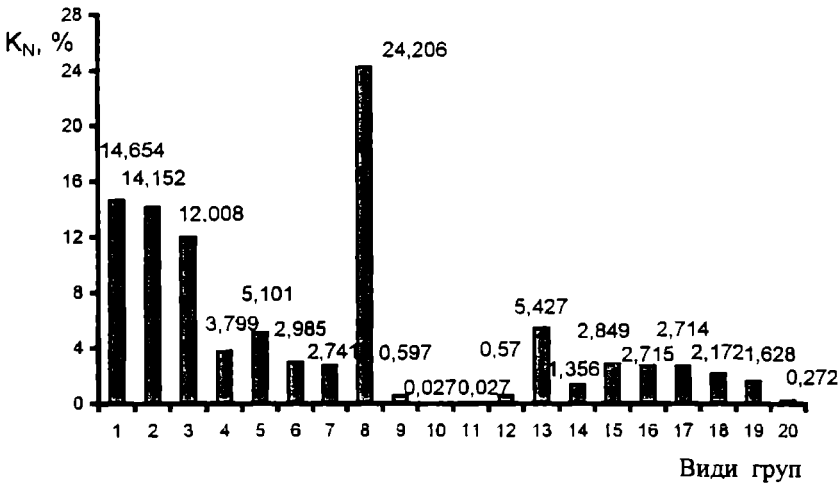


Рис. 1 Застосованість різних видів груп контактів проміжних реле

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1 – один замикаючий | 11 – два замикаючих, |
| 2 – один замикаючий, | три розмикаючих |
| один розмикаючий | 12 – чотири замикаючих |
| 3 – два замикаючих | 13 – чотири перемикаючих |
| 4 – один замикаючий, | 14 – два перемикаючих |
| два розмикаючих | 15 – шість замикаючих, |
| 5 – два замикаючих, | три розмикаючих |
| один розмикаючий | 16 – один замикаючий, |
| 6 – два розмикаючих | один перемикаючий |
| 7 – один розмикаючий | 17 – один замикаючий, |
| 8 – два замикаючих, | два перемикаючих |
| два розмикаючих | 18 – дев'ять замикаючих |
| 9 – три замикаючих, | 19 – три замикаючих |
| один розмикаючий | 20 – чотири розмикаючих |
| 10 – три замикаючих, | |
| два розмикаючих | |

Усього груп контактів по мережі: 73700.

функціональна завершеність;
 підпорядкування основних параметрів загальним вимогам до апаратів електричних тягових;
 можливість використання уніфікованих реле у схемах керування рухомих складом різних видів і різних серій.

В якості математичної моделі для вибору оптимального параметричного ряду проміжних уніфікованих реле для схем РС відповідно до загальноприйнятих підходів у галузі уніфікації виробів прийнята цільова функція, яка є математичним описом залежності мети виробництва та використання даної продукції від значення оптимізуємих параметрів та фактору часу. Оптимальним є той параметричний ряд, для якого цільова функція має найменше значення. У нашому випадку фактор часу однаково впливає на всі можливі параметричні ряди.

Так як нас цікавить значення цільової функції для кожного параметричного ряду в порівнянні (а не абсолютне значення) із значеннями цієї функції для інших рядів, то фактор часу можна не враховувати.

Тоді цільова функція $C(U^N)$ матиме вигляд:

$$C(U^N) = \sum_{U \in U^N} z^0(U) + \sum_{U \in U^N} \varphi(x_j) \min 3(U, x_j), \quad (1)$$

де $U^N = (U_1, U_2, \dots, U_N)$ – параметричний ряд реле, кожне з яких має головний параметр x_j . Значення x_j вибираємо з множини X видів груп головного параметра реле. У відповідності з рис.1 $X = 20$, а значення x_j , якщо брати до уваги тільки кількість контактів, можуть бути: $x_1 = 1$ (1-й та 7-й види груп контактів), $x_2 = 2$ (2-й, 3-й, 6-й, 14-й, 16-й види груп контактів) і т.д. Тоді: $U_1 = x_1, U_2 = x_2, \dots, U_N = x_{j_{\max}}$. $x_{j_{\max}}$ – максимальна кількість контактів реле, яка задіяна у схемі. У відповідності з рис.1 значення $x_{j_{\max}}$ дорівнює дев'яти. Тому $1 \leq x_j \leq 9$ приймаємо в якості обмеження у цільовій функції (1).

$z^0(U)$ – вартість виробництва одного екземпляра реле даного виду (капітальні витрати);

$\varphi(x_j)$ – функція попиту, яка чисельно дорівнює потрібній кількості реле з визначеним видом груп контактів.

$\min_{U \in U^N} 3(U, x_j)$ – мінімальні витрати при вдоволенні попиту на реле з параметром x_j з допомогою інших реле із параметричного ряду. Наприклад, є попит на реле з двома контактами, а в параметричному ряді є реле з одним, двома, чотирма та вісім'ю контактами, то іншим реле з цього ряду, з допомогою якого можна задовольнити попит при мінімальних витратах, є чотирьохконтактне реле.

Для визначення $3^0(U)$ та $3(U, x_j)$ були проаналізовані вартості герконових реле з різною кількістю герконів. Умовно прийнята вартість одногогерконового реле за одиницю.

На рис.2 наведена вартість реле у відносних одиницях від кількості герконів у ньому

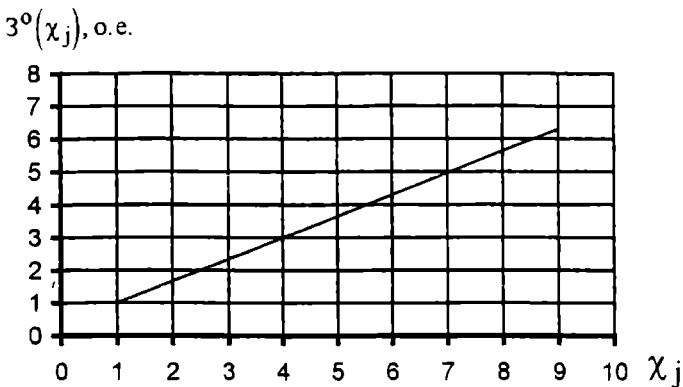


Рис. 2 Вартість реле у відносних одиницях в залежності від кількості герконів в ньому

Згрупуємо види груп контактів, наведених на рис.1, по кількості x_j герконів в одному реле, не беручи до уваги які вони (замикаючі, розмикаючі або перемикаючі). Результат наведено в табл. 1.

Для визначення функції попиту $\varphi(x_j)$ запропоновано застосувати метод обробки статистики попиту, який в порівнянні з іншими методами дає можливість визначити $\varphi(x_j)$ найбільш наближену до її реального виду, так як при цьому є можливість використати реальну інформацію про потребу для схем РС реле з різною кількістю контактів. Одержана на базі табл.1 функція попиту $\varphi(x_j)$ для діючого РС наведена у табл.2 у відносних одиницях.

При розробці варіантів параметричних рядів реле для схем РС потрібно урахувати слідуючі умови, які відповідають нашому випадку: значення головного параметру можуть бути тільки цілими числами, і вони знаходяться у межах $1 \leq x_j \leq 9$

Один з можливих варіантів параметричного ряду можна записати на базі даних табл.2:

$$U_0^N = (U_1, U_2, \dots, U_N) = (1, 2, 3, 4, 5, 9). \quad (2)$$

Таблиця 1

Відсотковий зміст реле з даною кількістю контактів

№ з/п	Кількість контактів в одному реле	Відсотковий зміст реле з даною кількістю контактів	Підсумовані стовпці з рис. 1
1	Один	$14,654+2,741 = 17,395$	1-й, 7-й
2	Два	$14,152+12,008+2,985+1,356+2,715 = 33,216$	2-й, 3-й, 6-й, 14-й, 16-й
3	Три	$3,799+5,101+2,714+1,628 = 13,242$	4-й, 5-й, 17-й, 19-й
4	Чотири	$24,206+0,597+0,57+5,427+0,272 = 31,072$	8-й, 9-й, 12-й, 13-й, 20-й
5	П'ять	$0,027+0,027 = 0,054$	10-й, 11-й
6	Дев'ять	$2,849+2,172 = 5,021$	15-й, 18-й
	Разом	100	

Таблиця 2

Емпірична функція попиту $\varphi(x_j)$ для діючого на залізницях України РС

x_j	$\varphi(x_j)$
$x_1 = 1$	$\varphi(x_1) = 0.17395$
$x_2 = 2$	$\varphi(x_2) = 0.33216$
$x_3 = 3$	$\varphi(x_3) = 0.13242$
$x_4 = 4$	$\varphi(x_4) = 0.31072$
$x_5 = 5$	$\varphi(x_5) = 0.00054$
$x_6 = 9$	$\varphi(x_6) = 0.05021$

Але основою уніфікації є параметричні ряди, виражені у вигляді арифметичних або геометричних прогресій по відношенню до головного параметра. У нашому випадку можна записати такі ряди:

$$U_1^N = (U_1, U_2, \dots, U_N) = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) \quad (3)$$

$$U_2^N = (U_1, U_2, \dots, U_N) = (1, 2, 4, 8) \quad (4)$$

$$U_3^N = (U_1, U_2, \dots, U_N) = (1, 3, 9) \quad (5)$$

$$U_4^N = (U_1, U_2, \dots, U_N) = (2, 4, 6, 8, 10) \quad (6)$$

Ряд U_1^N передбачає наявність реле з усіма значеннями головного параметра у досліджуваному інтервалі значень цього параметра, тобто застосування цього

ряду не сприяє уніфікації реле. Тому параметричний ряд U_1^N далі не розглядаємо. Параметричний ряд U_0^N не підпорядкований законам прогресій. Але ми його розглядаємо для порівняння. Значення $x_j = 9$ у ряді U_2^N задовольняється поєднуванням 8-ми та одноконтактних реле.

Визначення чисельних значень цільових функцій по формулі (1) дало наступні результати:

$$\begin{aligned} \zeta(U_0^N) &= 20,17532; & \zeta(U_2^N) &= 13,70245, \\ \zeta(U_3^N) &= 13,09344, & \zeta(U_4^N) &= 18,44355 \\ \frac{\zeta(U_2^N) - \zeta(U_3^N)}{\zeta(U_3^N)} \cdot 100\% &= \frac{13,7 - 13,09}{13,09} \cdot 100\% = 4,66\% \end{aligned}$$

Бачимо, що $\zeta(U_2^N)$ та $\zeta(U_3^N)$ відрізняються одне від одного менше, ніж на 5%, тобто практично $\zeta(U_2^N) \approx \zeta(U_3^N)$.

При використанні параметричного ряду U_3^N замість реле з $x_j = 4$ та $x_j = 5$, які у сумі складають $(31,072 + 0,054) = 31,126\%$ (див.табл.1), вимушені застосовувати реле з $x_j = 9$, тобто практично у третини реле по мережі залізниць п'ять контактів з дев'яти будуть не включені у схеми, масогабаритні параметри цих реле будуть значно збільшені. При використанні ряду U_2^N реле з $x_j = 8$ будуть застосовані тільки замість реле з $x_j = 5$, що складає всього 0,054% від кількості реле по мережі залізниць.

Таким чином маємо:

$$\zeta(U_3^N) \approx \zeta(U_2^N) \approx 13,7 < \zeta(U_4^N) = 18,44 < \zeta(U_0^N) = 20,17$$

Тому для схем керування локомотивами, вагонами рекомендуємо використовувати уніфіковані проміжні реле, які складають ряд U_2^N з добавкою з'єднання $x_9 = 8+1$. Безпосередня розробка схем та конструкцій уніфікованих реле не є задачею роботи. Але з метою підвищення показників уніфікації в якості сприймаючих органів реле на базі досвіду ДІПТУ рекомендується:

- для проміжних реле – низьковольтна котушка;
- для струмових реле – шина;
- для диференційних реле – дві котушки на одному магнітопроводі намотані назустріч;
- для реле часу, напруги – спеціально розроблена схема на напівпровідникових приладах і мікросхемах, яка забезпечує регулювання уставок в межах, потрібних для усіх серій РС.

В якості вихідного органу токових, диференційних, часу, напруги реле рекомендується застосовувати одноконтактне (найбільш раціонально використати перемикаючий геркон) реле. Сигнал, одержаний від цього реле,

надходить на котушку проміжного реле, яка передає його у схему відповідно до її логіки.

У *третьому розділі* досліджено вплив уніфікації та рівня безвідказної роботи реле на величину їх запасу для забезпечення безперебійного ремонту РС. Зібрана статистика та проведено аналіз застосування реле різних функціональних видів у схемах основних серій РС України, який показав, що у теперішній час кількість типів реле по мережі залізниць складає: проміжних – 35; струму – 17; часу – 19; диференційних – 10; напруги – 17.

При розробці відповідної математичної моделі для вирішення поставленої задачі припускаємо виконання слідуєчих умов, характерних для реальної експлуатації РС:

- відкази реле незалежні між собою або слабо залежні, так що цією залежністю можна знехтувати;
- ймовірність відказу одного реле за період часу T є випадковою подією, ймовірність якої p . Значення p однакове для усіх реле.

Видвинуті умови дозволяють застосувати для досліджень схему незалежних випробувань Бернуллі:

проводиться « n » незалежних випробувань, в результаті кожного з яких може відбутися або не відбутися подія A , ймовірність появи A в одному випробуванні дорівнює p . Тоді ймовірність того, що в « n » випробувань подія A відбудеться рівно k разів (позначимо цю ймовірність $P_n(k)$) вираховується по формулі Бернуллі:

$$P_n(k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k} \quad (7)$$

де k – може приймати значення від 0 до n , а

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}. \quad (8)$$

При визначенні кількості запасних реле під незалежними випробуваннями розуміємо спостереження над даним масивом реле. Кількість випробувань n , таким чином, збігається з кількістю N реле даного функціонального масиву. Подія A у нашому випадку – відказ реле на протязі періоду часу T , p – ймовірність відказу реле на протязі T .

Тоді ймовірність того, що на протязі часу T із N реле, які знаходяться в експлуатації, відкаже рівно k реле, можна вирахувати по формулі (7). Хай z – об'єм запасу реле, достатній для безперебійної заміни відказавших реле. Подія того, що за час T відкаже не більше, чим z реле ($k \leq z$), є сума подій: за час T ні одне реле не відкаже, або відкаже одне реле, або два реле, ..., або $z-1$ реле, або z реле.

Ймовірність того, що за час T із N реле, які знаходяться в експлуатації, відкаже не більше чим z реле, таким чином, дорівнює:

$$P_N(k \leq z) = P_N(0) + P_N(1) + P_N(2) + \dots + P_N(z-1) + P_N(z), \quad (9)$$

або

$$P_N(k \leq z) = \sum_{k=0}^z P_N(k) = \sum_{k=0}^z C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \quad (10)$$

Час T приймаємо рівним часу між черговими поточними ремонтами третіми (ПРЗ). У середньому час між ПРЗ для рухомого складу залізниць у теперішній час може бути прийнятим рівним трьом рокам, тобто приблизно 27000 годинам.

Наша мета – провести дослідження впливу уніфікації та підвищення безвідказності реле на величину z . При такій постановці задачі має значення відносне підвищення безвідказної роботи.

При цьому достатньо в якості вихідних даних для дослідження поставленої задачі використати показники безвідмовної роботи якірних реле, наведені у спеціальній технічній літературі. Приймаємо інтенсивність відказів якірних електромагнітних реле $\lambda = 5 \cdot 10^{-6}$ 1/год.

Виникнення несправності реле у схемі РС зумовлена багатьма незалежними причинами (струмові перевантаження, перенапруги, кліматичні фактори та т.п.). Як відомо, у цьому випадку орієнтовно можна вважати, що частота відказів має показовий закон розподілення, при якому інтенсивність відказів елемента системи (реле) є постійною величиною, а ймовірність безвідказної роботи $Q(t)$ елемента визначається виразом: $Q(t) = \exp(-\lambda_i T)$, де T – розглядаємий період часу.

Звичайно значення $Q(t)$ близько до одиниці і вираз для $Q(t)$ може бути спрощений.

Використовуючи два перших члена розкладу функції

$$\exp x \approx 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x}{2!} + \dots$$

одержимо

$$Q(t) \approx 1 - \lambda_i T$$

Ймовірність відказу одного реле в кінці періоду T між черговими ПРЗ складає: $p = 5 \cdot 10^{-6}$ 1/год $\cdot$ 27000 год = 0,135. Тобто приймаємо, що в інтервалі між ПРЗ ймовірність відказу реле змінюється від 0 до 0,135.

Ставимо вимогу, щоб ймовірність γ наявності у запасі потрібного для заміни відказавшого реле була не менше 0,997. Це практично завжди забезпечить наявність в запасі потрібного реле.

Тоді:

$$P_N(k \leq z) \geq 0,997$$

або

$$\sum_{k=0}^z C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \geq 0,997 \quad (11)$$

Якщо знайти найменше z , яке задовольняє нерівності (11), то тоді при знайденому ймовірність того, що кількість відказавших реле (z з N , які

знаходяться в експлуатації) не перебільшить буде не менше 0,997; якщо запасні реле взяти в кількості то з великою ймовірністю ($\gamma = 0,997$) цієї кількості буде достатньо для безперебійної заміни відказавших реле.

Для визначення кількості запасних реле з допомогою електронних обчислювальних машин розроблена програма на язиці DELPHI у середовищі WINDOWS. З допомогою цієї програми проведено дослідження впливу уніфікації на значення z при різних значеннях p, M (кількість типів реле у одному масиві), γ для різних масивів реле по мережі залізниць України, а також для одного умовного депо. Відповідні дані наведені у роботі у вигляді таблиць та графіків.

Дослідження показали, що з'єднання уніфікації з діями по зменшенню ймовірності відказу реле до значення 0,02 дозволяє знизити кількість запасних реле по мережі залізниць України від 82,9% до 84,5% при ймовірності наявності у запасі потрібного реле 0,99, що складає декілька десятків тисяч реле.

У четвертому розділі показана техніко-економічна ефективність, практична реалізація роботи, вплив уніфікації релейної апаратури на безпеку руху поїздів. При проведенні капітально-відбудовних ремонтів локомотивів та вагонів у теперішній час є реальна можливість впровадити уніфіковані високонадійні реле. При цьому для масивів реле струмових, часу, диференційних, напруги максимальні значення коефіцієнтів уніфікації будуть: $K_{N \max} = 1$, $K_{П \max} = N$, $K_{М \max} = 1$. Порівняння цих значень із середніми значеннями реальних у теперішній час коефіцієнтів уніфікації наведені у табл.3.

Таблиця 3

Порівняння реальних середніх по мережі залізниць коефіцієнтів уніфікації з максимальними теоретично можливими

Вид реле (масив)	Значення коефіцієнтів уніфікації					
	$K_{N \text{ середн.}}$	$K_{N \text{ max}}$	$K_{П \text{ середн.}}$	$K_{П \text{ max}}$	$K_{М \text{ середн.}}$	$K_{М \text{ max}}$
Реле струму	0,059	1	936,4	15920	0,059	1
Реле часу	0,053	1	522,6	9930	0,053	1
Диференційне реле	0,01	1	337	3370	0,1	1
Реле напруги	0,059	1	462,9	7870	0,059	1

При впровадженні уніфікованих проміжних реле, які складають параметричний ряд U_2^N , одержимо коефіцієнти уніфікації, наведені у табл.4.

У табл.4: 66060 – кількість проміжних реле у схемах діючого РС; 4 – кількість типів реле у параметричному ряді U_2^N

Середні значення коефіцієнтів уніфікації у табл.4 значно більші середніх значень цих коефіцієнтів у теперішній час, які відповідно дорівнюють: $K_N = 0,0286$, $K_{П} = 1887,4$, $K_M = 0,0286$

Таблиця 4

Коефіцієнти уніфікації проміжних реле при впровадженні
параметричного ряду U_2^N

Вид проміжних реле	Коефіцієнти уніфікації		
	K_N	K_P	K_M
Одноконтakтні реле	0,17395	$\frac{66060}{4} = 16515$	$\frac{1}{4} = 0,25$
Двуконтakтні реле	0,33216		
Чотирьохконтakтні реле	0,44314		
Восьмиконтakтні реле	0,00054		
Дев'ятиконтakтні реле	0,05021		
Середні значення	1/4=0,25		

Проведений аналіз параметрів сучасних реле показав, що по мережі залізниць України загальна вага електротехнічної сталі у магнітопроводах реле усіх масивів складає приблизно 89,1 т, а загальна вага міді у цих реле приблизно 82,6 т. Ця потреба у міді та сталі відпадає при впровадженні уніфікованих реле на сучасній базі. У теперішній час одна тонна електротехнічної сталі коштує приблизно 2600 грн, а тонна електротехнічної міді – 13000 грн. У цінах на вересень 1999 року сумарна вартість сталі та міді реле у схемах діючого РС основних серій складає приблизно 1305460 грн. Це є складовою частиною економічного ефекту при впровадженні уніфікованих реле. З урахуванням зменшення кількості запасних реле при впровадженні уніфікованих реле ця складова буде більшою. Очікується економія срібла за рахунок ліквідації масивних контактів із сплаву срібла, які застосовуються в якірних електромагнітних реле.

Економія гостродефіцитних для України матеріалів – це разова економія. Крім того, очікується зменшення експлуатаційних витрат на один мільйон км пробігу РС при впровадженні уніфікованих високонадійних реле на сучасній елементній базі у розмірі приблизно 900 грн.

Економічна ефективність проведення уніфікації реле виражається також у зниженні витрат при їх виготовленні, зменшенні кількості запасних реле для забезпечення заданого рівня ймовірності того, що потрібне реле завжди буде у наявності.

Як і до кожного виду транспорту до залізничного транспорту пред'являються обов'язкові вимоги безумовного забезпечення безпеки руху.

Під безпекою руху розуміють створення таких умов експлуатації, які виключають у процесі перевезення травмування людей, пошкодження транспортних засобів, псування перевозимих вантажів та дезорганізацію руху.

Уніфікація релейних пристроїв з використанням сучасної елементної бази для їх виготовлення підвищує надійність систем керування, а цим самим підвищує безпеку руху поїздів.

Відвернення машиніста від спостереження за сигналами при виникненні несправностей у рухомому складі, у тому числі і в системі керування, може бути загрозою для безпеки руху внаслідок додаткового психологічного навантаження.

ВИСНОВКИ

Основні результати роботи, які сприяють підвищенню ефективності експлуатації рухомого складу залізниць, полягають у такому:

1. Аналіз стану уніфікації масивів реле проміжних, струмових, часу, диференційних, напруги у схемах РС показав відсутність цілеспрямованої роботи і критеріїв по уніфікації релейної апаратури при проектуванні та ремонтах рухомого складу. Внаслідок цього у схемах основних серій РС залізниць України у теперішній час застосовуються реле проміжні 35-ти, струму 17-ти, часу 19-ти, диференційні 10-ти, напруги-17-ти типів, що підтверджує актуальність теоретичних та практичних досліджень по уніфікації релейних пристроїв.
2. Для оцінки рівня уніфікації реле у схемах РС запропоновані слідуючі коефіцієнти: частість застосування реле даного типу – K_N , коефіцієнт повторюваності – K_P , частість застосування реле даного типу з урахуванням кількості типів реле – K_M . Найгіршими показниками уніфікації характеризуються проміжні реле, найкращими – диференційні реле. По мережі залізниць України відношення середніх величин коефіцієнтів уніфікації для проміжних реле до їх максимально можливих складають. $K_N = K_P = K_M = 2,86\%$; для диференційних: $K_N = K_P = K_M = 10\%$.
3. В основу уніфікації проміжних реле пропонується покласти параметричні ряди, виражені як арифметичні або геометричні прогресії по відношенню до головного параметру. В якості головного параметру прийнята кількість контактів реле.
4. Для вибору раціонального параметричного ряду груп контактів проміжних реле запропонована математична модель у вигляді цільової функції, яка описує капітальні та експлуатаційні витрати при використанні уніфікованих реле. Встановлені обмеження цієї функції, які виражаються тим, що кількість діючих контактів в одному реле у схемах РС змінюється від 1 до 9. Запропоновано застосувати метод обробки статистики попиту для визначення функції попиту, прийняти кількість контактів в якості головного параметру реле. Дослідження показали, що найбільш раціональним рядом груп контактів для проміжних реле є параметричний ряд (1, 2; 4; 8) з додавкою з'єднання з 8-ми та одноконтантних реле для задоволення потреби у 9-ти контактному реле.

5. Вперше запропонована математична модель і відповідна методика для дослідження впливу уніфікації та рівня безвідказної роботи реле на величину їх запасу, необхідного для безперебійного ремонту РС при заданій ймовірності наявності у запасі реле, потрібного для заміни відказавшого.
6. Сучасна елементна база дозволяє знизити ймовірність відказу реле до значення 0,02 за рахунок зменшення струмового навантаження елементів та застосування схемних методів резервування.
7. Встановлена раціональна величина ймовірності наявності у запасі потрібного реле, яка дорівнює 0,99.
8. Дослідження показали, що уніфікація реле в сполученні із значенням ймовірності їх відказу до 0,02 дозволяє знизити кількість запасних реле по мережі залізниць України на 82,9% ÷ 84,5% при ймовірності наявності у запасі потрібного реле 0,99, що складає декілька десятків тисяч реле.
9. У теперішній час при розробці уніфікованих високонадійних реле для різних видів РС в якості основних елементів рекомендуються мікросхеми серій 561, 564, герконові реле типу РПГ-8, геркони МКА-52202, МКС-52201, герсикони КМГ-12 та контактори на їх базі.
10. Практичне використання одержаних результатів підтверджує їх достовірність. Зменшення типів реле з 98 до 9 внаслідок використання результатів роботи суттєво покращить організацію ремонту РС, підвищить його надійність, безпеку руху поїздів, тобто ефективність експлуатації.
11. Результати дисертаційної роботи рекомендуються для використання при ремонтах діючого РС, а також при розробці схем нових локомотивів, вагонів та інших видів рухомого складу. Економія від впровадження результатів роботи складає приблизно 1305460 грн по мережі залізниць України у цінах 1999 р. за рахунок економії електротехнічних сталі та міді і приблизно 900 грн на 1 млн. км. пробігу РС за рахунок зниження експлуатаційних витрат.

Основні положення та результати дисертації опубліковані у таких працях:

1. Момот А.И. Влияние унификации реле в схемах подвижного состава на величину их запаса для обеспечения бесперебойного ремонта // Транспорт. Математическое моделирование в инженерных и экономических задачах транспорта: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ДПТ, "Січ", 1999. – С.183-186.
2. Момот А.И. Оценка уровня унификации реле в схемах подвижного состава железных дорог // Транспорт: 36. наук. праць. Вип. 1 – Дніпропетровськ: ДПТ, "Наука і освіта", 1999. – С.55-59.
3. Момот А.И. Математическая модель для исследования эффективности унификации реле в схемах подвижного состава железных дорог // Транспорт: 36. наук. праць. Вип. 2. – Дніпропетровськ: ДПТ, "Наука і освіта", 1999. – С.129-134.
4. Момот А.И. Унификация промежуточных реле в схемах подвижного состава железных дорог // Вестник Харьковского государственного политехнического

университета. Вып. 61. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Харьков. 1999. – С.292-293.

5. Момот А.И. Повышение эффективности эксплуатации подвижного состава железных дорог Украины путем унификации электрических реле // Транспорт. 36. наук.праць. Вип.3. –Дніпропетровськ: ДПТ, "Наука і освіта", 2000. – С.76-81

Додаткові праці:

1. Момот А.И. Выбор элементной базы унифицированных устройств подвижного состава железных дорог // Транспорт. Сб. научн. тр. Вып. 1 – Днепропетровск: "Наука і освіта", 1999. – С.51-55.
2. Федорец В.А., Маренич О.Л., Момот А.И. Принципы унификации реле в схемах управления подвижным составом // Тезисы 6-й международной конференции "Проблемы развития локомотивостроения" – М.. МИИТ, 1996. – 8 с.

Особистий внесок автора дисертації: запропоновано в основу уніфікації проміжних реле в схемах РС покласти параметричні ряди, примінивши в якості головного параметра кількість контактів.

3. Момот О.І. Уніфікація реле у схемах рухомого складу залізниць України // Тез.Х Міжнарод. конф. "Проблеми механіки залізничного транспорту" – Дніпропетровськ: ДПТ. – 2000. – С. 184.

АНОТАЦІЯ

Момот О.І. Підвищення ефективності експлуатації рухомого складу залізниць України шляхом уніфікації електричних реле. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – "Рухомий склад залізниць і тяга поїздів" – Державний технічний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 2000.

Дисертацію присвячено питанням підвищення техніко-економічних показників експлуатації рухомого складу залізниць шляхом уніфікації реле при одночасному підвищенні рівня їх безвідказної роботи. Аналіз застосування різних типів електричних реле однакового функціонального призначення показав дуже низький рівень їх уніфікації.

В основу уніфікації проміжних реле запропоновано покласти параметричні ряди у вигляді арифметичних, геометричних прогресій по відношенню до головного параметра. В якості останнього прийнято кількість контактів. Для вибору оптимального параметричного ряду запропоновано застосувати цільову функцію. Встановлені обмеження головного параметра, розроблена методика застосування цільової функції, знайдено раціональний ряд проміжних реле.

Показано, що сучасна елементна база дозволяє уніфікувати сприймаючі та вихідні органи реле, які належать до масивів реле різних видів (реле часу, струму, напруги, диференційні, проміжні), і одночасно підвищити рівень безвідказної роботи релейних пристроїв.

Інститут інженерів
залізничного
транспорту
БІБЛІОТЕКА

60639

Запропонована математична модель, з допомогою якої проведені дослідження впливу рівнів уніфікації та безвідмовної роботи на величину їх запасу для безперебійного ремонту РС при заданій ймовірності того, що потрібне реле буде в наявності у потрібний час. Розроблена відповідна програма для використання ЕОМ.

Основні результати праці знайшли застосування при модернізації діючого та розробці схем нового РС.

Показана техніко-економічна ефективність, якої можна досягнути при впровадженні результатів роботи.

Ключові слова: уніфікація реле, параметричний ряд, цільова функція та її обмеження, математична модель, ймовірність, безперебійний ремонт рухомого складу залізниць

АННОТАЦИЯ

Момот А.И. Повышение эффективности эксплуатации подвижного состава железных дорог Украины путем унификации электрических реле. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – "Подвижной состав железных дорог и тяга поездов" – Государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 2000.

Диссертация посвящена вопросам улучшения технико-экономических показателей эксплуатации подвижного состава (ПС) железных дорог путем унификации реле при одновременном повышении уровня их безотказной работы.

Дана, с точки зрения унификации, характеристика реле, применяемых в схемах основных серий действующего ПС. При этом рассмотрены только электрические реле, которые более всего используются в схемах локомотивов, вагонов.

Для оценки уровня унификации релейной аппаратуры в схемах ПС предложено применить следующие коэффициенты: частость применяемости реле данного типа, коэффициент повторяемости, частость применяемости реле данного типа с учетом количества их типов.

Целесообразно сгруппировать реле в отдельные "массивы", исходя из их функционального назначения: массивы промежуточных, токовых, времени, дифференциальных, напряжения реле.

Статистический анализ показал, что в настоящее время на ПС применяются: промежуточные реле – 35 типов; реле тока – 17 типов; реле времени – 19 типов; дифференциальные реле – 10 типов; реле напряжения – 17 типов. Такое многообразие типов реле подтверждает острую необходимость проведения работ по унификации релейных устройств.

Даны рекомендации по выбору элементной базы современных унифицированных релейных устройств для каждого массива с учетом

рационального повышения уровня их безотказной работы. При этом каждое реле рассматривается состоящим из воспринимающего и выходного органов. С целью повышения показателей унификации в качестве воспринимающих органов предлагаются:

- для промежуточных реле – низковольтная катушка;
- для токовых реле – шина;
- для дифференциальных реле – две катушки на одном магнитопроводе, намотанные встречно;
- для реле времени и напряжения – специально разработанная схема на современных полупроводниковых приборах.

Выходной орган промежуточных реле предлагается в виде совокупности контактов, для реле остальных массивов – в виде одного контакта (наиболее рационально переключающего). В настоящее время в качестве промежуточных реле и выходных органов устройств других массивов наиболее целесообразно применить герконовые реле.

В основу унификации промежуточных реле предлагается положить параметрические ряды, выраженные в виде арифметических, геометрических прогрессий по отношению к главному параметру. В качестве главного параметра при этом принято количество контактов, поскольку именно этот показатель является решающим при обеспечении заданной логики работы схемы, и он не зависит от технических усовершенствований других элементов реле и технологии их изготовления.

Исследования, проведенные с помощью предложенной математической модели, состоящей из целевой функции, описывающей зависимость затрат на производство и эксплуатацию унифицированных реле, и ограничения выражающегося в том, что количество контактов в одном реле в схемах ПС изменяется от 1 до 9, показывает, что наиболее рациональным для промежуточных реле является промежуточный ряд, состоящий из реле, количество контактов которых образуют геометрическую прогрессию (1; 2; 4; 8). Десятиконтактные релейные устройства, которых в процентном исчислении немного, можно получить, соединяя параллельно одно и восьмиконтактные реле.

Предложена математическая модель и разработана соответствующая программа с целью применения ЭВМ для исследования влияния унификации, уровня безотказной работы реле на величину их запаса, необходимого для бесперебойного ремонта ПС при заданной вероятности наличия в запасе реле, нужного для замены отказавшего.

Уменьшение в результате унификации количества типов промежуточных релейных устройств до пяти, а токовых, времени, дифференциальных, напряжения до одного в каждом массиве при вероятности их отказа 0,02 (что можно достигнуть при современной элементной базе) позволяет снизить количество запасных реле по сети дорог Украины от 82,9 % до 84,5 % при

вероятности наличия в запасе нужного реле 0,99, что составляет несколько десятков тысяч реле.

Основные результаты работы нашли применение при модернизации действующего и разработке схем нового ПС.

Показана технико-экономическая эффективность, которую можно достичь при внедрении результатов работы.

Ключевые слова: унификация реле, параметрический ряд, целевая функция и ее ограничения, математическая модель, вероятность, непрерывный ремонт подвижного состава железных дорог

ABSTRACT

Momot O.I. Raising the Efficiency of Ukraine's Railways Rolling Stock Operation by Means of Unification of Electric Relays. – Manuscript.

Dissertation on competition for a scientific degree of Candidate of Technical Sciences on the speciality 05.22.07 - "Railway Rolling Stock and Train Traction" Dniepropetrovsk State Technical University of Railway Transport. Dniepropetrovsk, 2000.

The dissertation is devoted to the problems of raising the technologically-economical factors of railway rolling stock operation by means of relay unification on simultaneous raising the level of their reliable work. The analysis of application of different types of electric relays of the same functional designation has shown a very low level of their unification.

It is proposed to take the parametric series in the form of arithmetic and geometric progressions concerning the main parameter as the basis of unification of intermediate relays. A quantity of contacts is adopted as the main parameter. It is proposed to apply a special purpose function for the choice of the optimum parametric series. The main parametric restrictions are determined; the technique of applying a special purpose function is developed; a rational series of intermediate relays is found out.

It is shown that a modern element base allows to unify receivers and output relay members which belong to relay mass data of different kinds (time relay, current relay, voltage relay, differential, intermediate relays), and at the same time to raise sufficiently the level of reliable operation of relay devices.

There is offered a mathematical model which made it possible to carry out the research of influence of unification levels and reliable operation on the value of their reserve for continuous maintenance of rolling stock with a given probability of that the required relay will be available when necessary. A corresponding program for the use of electronic computers is worked out.

The main results of the work have found application when modernizing the acting rolling stock circuits and in the development of the new ones.

The technologically-economical efficiency is shown, which can be reached due to applying the results of the work.

Key words: relay unification, parametric series, a special purpose function and its restrictions, a mathematical model, probability, a continuous maintenance of rolling stock.

Момот Олександр Іванович
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ
ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ ШЛЯХОМ УНІФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЛЕ
(Автореферат)

Підписано до друку 04.03.2010, Формат 60х84 1/16. Папір для розмножувальних апаратів. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 1,0. Обл. –вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Замовлення № ~~283~~ безкоштовно.

Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту. Ділянка оперативної поліграфії ДДТУ.

Адреса університету та ділянки оперативної поліграфії: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В.А. Лазаряна, 2.

Сканувала Кам'янська Н.О.