

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ КІЛ КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ РУХОМИМ СКЛАДОМ ЗАЛІЗНИЦЬ**

У статті розглянуті питання визначення рівня безвідмовної роботи та вартості утримання апаратури систем керування та захисту рухомого складу залізниць, як важливих складових показників надійності.

В статье рассмотрены вопросы определения уровня безотказной работы и стоимости содержания аппаратуры систем управления и защиты подвижного состава железных дорог, как важных составляющих показателей надежности.

The issues of determination of level of no-failure operation and cost of maintenance of the equipment of control and protection systems for the railway rolling stock as important integral factors of reliability are considered in the paper.

### **ВСТУП**

Висока надійність рухомого складу (РС) – одна з головних умов забезпечення безпеки руху поїздів на залізницях України. Особливо гостро ця проблема стоїть у теперішній час. Рухомий склад, який експлуатується, дуже зношений із-за його постійної та тривалої експлуатації. Тому для вирішення цієї проблеми велике значення має підвищення надійності апаратів керування та захисту електричних кіл РС. Використовуючи положення теорії надійності, можливо розробити науково обґрунтовану систему заходів, використання якої, при дотриманні вимог безпеки руху, забезпечить нормальну роботу РС з найменшими витратами.

### **МЕТА**

Визначення рівня безвідмовної роботи та вартості утримання апаратури систем керування та захисту рухомого складу залізниць, як важливих складових показників надійності.

### **МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У теперішній час на залізницях України експлуатується РС, у схемах керування та захисту якого використовуються різні типи реле. Всі вони виконані на електромагнітній елементній базі і потребують значних експлуатаційних витрат. Реле потрібно постійно контролювати в процесі його функціонування, періодично проводити профілактику та регулювання. Ремонт і обслуговування електромагнітних реле зводяться до частих зачисток поверхонь, ре-

гулювання натисків, провалів, заміни частин, що зносилися. Майже всі реле мають специфічні деталі, які використовуються тільки для даного типу (котушки, пружини, магнітопроводи). Це все потребує не тільки великих коштів, більшого часу простою одиниці РС, а й багаточисельного обслуговуючого персоналу, який постійно вступає в безпосередній контакт з діючим електрообладнанням для підтримання його в робочому стані, що є однією з причин електротравматизму при експлуатації електропоїздів [1].

Надійність роботи таких реле мала, що приводить до частих відмов. Релейно-контакторним системам захисту РС властиві такі недоліки, як порівняно великі часи спрацьовування, низький коефіцієнт повернення, велика маса, габарити і т. ін.

Надійність одиниці РС – це його здатність виконувати певні функції, зберігати параметри роботи у заданих межах та забезпечувати безпеку руху за умов експлуатації, що склалися [1]. Відповідно під надійністю апаратів захисту та керування розуміють її здатність зберігати параметри роботи у заданих межах та забезпечувати безпеку руху за умов експлуатації, що склалися.

Надійність захисних пристроїв – це комплексна величина, що може бути охарактеризована в основному безвідмовністю, довговічністю, швидкодією, ремонтоздатністю, експлуатаційними витратами та зберігаємістю. Показником надійності апаратів є також їх уніфікація. В умовах використання реле в схемах РС необхідно враховувати всі ці фактори.

В даній статті розглядається можливість підвищення надійності захисних апаратів електричних кіл рухомого складу за рахунок покращення таких показників надійності, як безвідмовність та зниження експлуатаційних витрат.

Відмови є випадковими подіями і можуть бути охарактеризовані ймовірнісними методами.

На практиці для визначення ймовірності безвідмовної роботи релейної апаратури протягом часового інтервалу  $t$  найчастіше використовується експоненціальний закон розподілу часу безвідмовної роботи [2]:

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

де  $\lambda$  – інтенсивність відмов релейної апаратури.

При цьому потрібно враховувати, що релейна апаратура пройшла період напрацювання; потік відмов є простим; старіння елементів відсутнє.

Розрахунковий період орієнтовно прийнятий рівним трьом рокам при середньому часу роботи одиниці РС 18 годин за добу ( $3 \cdot 365 \cdot 18 = 19710$  годин роботи релейної апаратури) [2]. Цей період приблизно відповідає часу пробігу РС між суміжними поточними ремонтами третього об'єму ПРЗ.

Інтенсивність відмов якірної релейної апаратури діючого РС визначається за формулою [2]:

$$\lambda_{\text{яра}} = k_a \cdot \lambda_{\text{яр}},$$

де  $k_a = 70$  – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації реле;

$\lambda_{\text{яр}} = 0.3 \cdot 10^{-6}$ ,  $\text{ч}^{-1}$  – інтенсивність відмов якірних електромагнітних реле (на одну контактну групу).

Тоді  $\lambda_{\text{яра}} = 2,1 \cdot 10^{-5}$   $\text{ч}^{-1}$ .

Розподілення ймовірності безвідмовної роботи якірного реле за час запишеться у вигляді:

$$P(t) = e^{-2,1 \cdot 10^{-5} \cdot t}.$$

Видно, що надійність якірних реле РС – спадаюча функція, тобто вона зменшується при довгостроковій роботі реле і все більш ймовірнішою стає відмова.

Кількісне зростання рухомого складу та ускладнення його схем захисту ведуть до збільшення числа реле в експлуатації. Подальше

масове використання якірних реле в схемах РС неможливо сприймати перспективним. Це пояснюється високими витратами для їх утримання в експлуатації, перевищенням ручної праці, великими габаритами та масою, що обмежують можливості резервування кіл на базі цих реле.

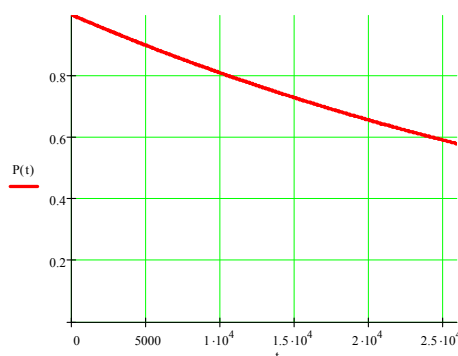


Рис. 1. Ймовірність безвідмовної роботи якірного реле за час між ПРЗ (годин)

В ремонт входить: перевірка всіх електричних параметрів, перевірка мегометром стану ізоляції, перевірка всіх механічних частин, проведення випробовувань та тестів. Терміни проведення ремонтів встановлюються відповідними нормативними документами «Укрзалізниці» [3]. Наприклад, згідно наказу № 351-Ц від 14 грудня 1999 року «Про систему планово-попереджувального ремонту та технічного обслуговування електровозів, тепловозів, електро- та дизель-поїздів», електровози типу ЧС2 проходять технічне обслуговування ТОЗ через кожні 12,5 тис. км пробігу; поточні ремонти ПР1 через 25 тис. км, ПР2 – 175 тис. км, ПР3 – 350 тис. км; капітальні ремонти КР1 – 700 тис. км, КР2 – 2100 тис. км; електропоїзди ЕР1 і ЕР2 проходять технічне обслуговування ТОЗ через кожні п'ять діб експлуатації; поточні ремонти ПР1 через 50 діб, ПР2 – 150 тис. км пробігу, ПР3 – 300 тис. км; капітальні ремонти КР1 – 600 тис. км, КР2 – 1800 тис. км.

Уявлення про використання матеріальних ресурсів на ремонти та технічне обслуговування можна побачити з представленої нижче табл., що складена на основі [5].

З табл. 1 видно, що загальна сума на всі ремонти становить для ДЕ1 1593749 грн, тобто 100 % від загальної суми, то для ТРЗ буде 92.3 % від цієї суми, ТР2 – 3.7 %, ТР1 – 2.7 %, ТОЗ – 1.16 %, ТО2 – 0.14 %.

На основі цієї таблиці нижче побудована діаграма (рис. 2.1), на якій показане відсоткове (й у гривнях (грн)) значення собівартості ремонтів електровозів ДЕ1.

Таблиця 1

**Витрати на собівартість ТР і ТО рухомого складу по локомотивному депо Нижньодніпровськ-Вузол за весь 2005 рік**

Серія рухомого складу	Вид ремонту	Кількість ремонтів	Всього витрат на одиницю ремонту, грн	Річні витрати на проведення ремонтів, грн
ДЕ-1	ТР3	3	236443	709329
	ТР2	6	9485	56910
	ТР1	42	6882	289046
	ТО3	41	2984	122360
	ТО2	1632	358	416104
ВЛ-8	ТР3	13	225945	2937287
	ТР2	35	11585	405462
	ТР1	602	7666	4615130
	ТО3	536	2609	1349635
	ТО2	11343	242	2752567
2ТЕ116	ТР1	52	18022	946115
	ТО3	196	4613	906405
	ТО2	2685	185	495883

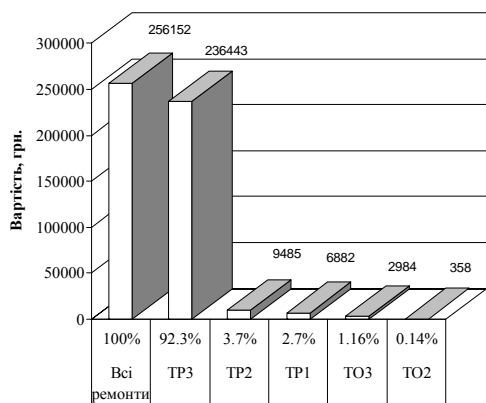


Рис. 2.1. Значення в гривнях (грн.) та відсотках собівартості ремонтів електровозів ДЕ1

Серед усіх технічних обслуговувань та ремонтів ТО2 виконують найчастіше, хоч його вартість найменша і навпаки, вартість ТР3 найбільша, але кількість невелика. Тому, щоб побачити реальні витрати коштів на обслуговування електровозів ДЕ1, потрібно проаналізувати вартість всіх ТР і ТО по депо Нижньодніпровськ-Вузол (рис. 2.2).

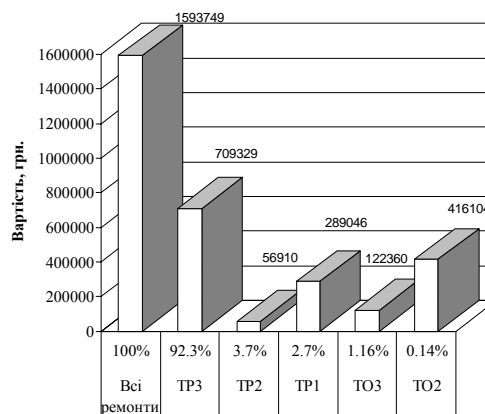


Рис. 2.2. Вартість (в гривнях (грн) та відсотках) ремонтів ТР3, ТР2, ТР1 та технічних обслуговувань ТО3, ТО2 електровозів ДЕ1.

На рис. 2.3 показане відсоткове співвідношення вартості ремонтів електричної апаратури до іншого обладнання електропоїзду ЕР1 на 1 млн км пробігу. Із 50.9 % коштів на обслуговування електричних апаратів для ТР3 приділяється 1.63 %, ТР2 – 0.63 %, ТР1 – 10.34 %. Якірні реле займають 3.1% із цих 50.9 %. Якщо взяти окремо витрати коштів на ремонти та обслуговування самих реле електропоїзду ЕР1, то це буде складати для ТР3 – 0.11 %; ТР2 – 0.02 %; ТР1 – 0.42 %; ТО3 – 2.55 %.

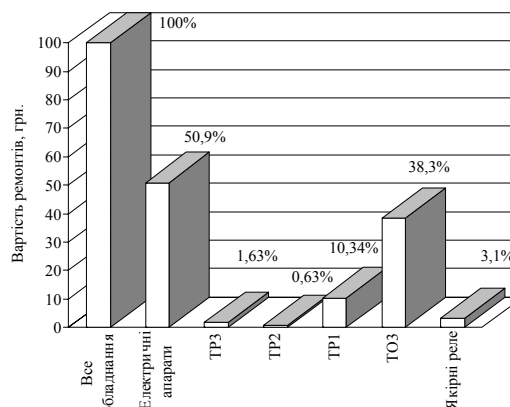


Рис. 2.3. Вартість (у відсотках) ремонтів електропоїзду ЕР1.

Приблизну вартість у гривнях утримання в експлуатації реле електровозу ДЕ1 можна показати з порівнянь та аналізу діаграм на рис. 2.2 та 2.3 [6].

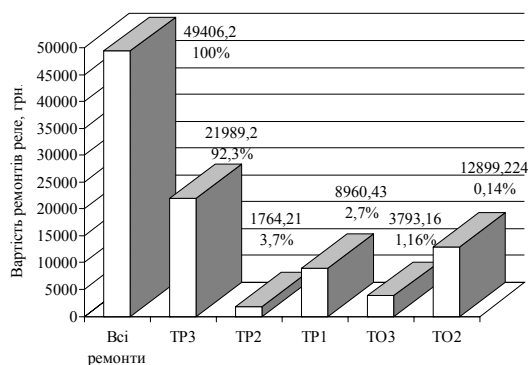


Рис.2.4. Приблизна вартість (в гривнях (грн) та відсотках) ремонтів ТР3, ТР2, ТР1 та технічних обслуговувань ТО3, ТО2 реле електровозу ДЕ1.

Таким чином, для підтримки надійної роботи реле на необхідному рівні потрібні істотні витрати. Відомо, що технічні огляди складаються в основному із зачистки контактів, перевірки кріплення і т.п. А це – ручна праця, механізувати і автоматизувати яку в умовах роботи РС дуже складно. Тоді залишається тільки один вихід з цієї ситуації: застосовувати в схемах керування та захисту РС такі реле і інші пристрої, які за своєю конструкцією не вимагають в експлуатації робіт по зачистці контактів, різних регулювань їх провалів та натискань, оглядів, перевірок і т. д.

Необхідно максимально скоротити число ремонтів і технічних обслуговувань при заданому часі експлуатації. Тому потрібно розробити рекомендації по розробці релейної апаратури, що потребує менших експлуатаційних витрат.

Рішенням вказаних вище проблем є застосування в схемах керування та захисту РС апаратів, які за своєю конструкцією не потребували б оглядів, ремонтів, багато запасних частин, могли б покращити показники надійності в порівнянні з якірними реле. Вказані задачі у теперішній час можуть бути вирішені у значній мірі на базі сучасних мікроконтролерів.

## ВИСНОВКИ

Розрахунки показали, що рівень безвідмовної роботи якірних реле через три роки експлуатації (приблизно до наступного ПРЗ) дорівнює усього 0.6, що недостатньо для забезпечення надійної роботи систем захисту.

Витрати на утримання електромагнітних реле на діючому РС складають у середньому 3.1 % від загальної річної вартості утримання електрообладнання, що складає, наприклад, для депо Нижньодніпровськ-Вузол 49406 грн.

Певний досвід розрахунку захисних апаратів для захисту двигуна компресора на базі мікроконтролера типу PIC12F675 за участю автора є на кафедрі «Автоматизований електропривод» ДПТУ.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Базовский И. Надежность. Теория и практика. / Под ред. Б. Р. Левина. – М.: Мир, 1965. – 370 с.
2. Муха А. Н. Повышение надежности релейной аппаратуры электроподвижного состава железных дорог Украины: Дис. канд. техн. наук: 05.22.09. – Д., 2001. – 217 с.
3. Наказ № 351-Ц від 14 грудня 1999 року «Про систему планово-попереджувального ремонту та технічного обслуговування електровозів, тепловозів, електро- та дизель-поїздів». – К.: Мін. транс. України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, 1999. – 13 с.
4. Анализ фактической трудоёмкости затрат на себестоимость ТР и ТО локомотивов по локомотивному депо Нижнеднепровск-Узел за весь 2005 год.
5. Дубинец Л. В. Научное обоснование и разработка систем управления электроподвижным составом на основе применения герконовых устройств: Дис. докт. техн. наук: 05.09.03. – Д., 1991. – 356 с.

Надійшла до редколегії 31.01.08.