

Визначення показників надійності акумуляторних батарей маневрових тепловозів з модернізованою системою пуску дизеля

Постановка проблеми

Найбільше розповсюдження на маневрових тепловозах отримала система електростартерного пуску, яка має цілий ряд позитивних якостей. Ця система компактна і надійна в роботі, забезпечує можливість автоматизації процесу пуску за допомогою нескладних електротехнічних пристроїв. Вона складається з акумуляторної батареї, кіл пуску (дроти, комутаційна апаратура управління) тягового генератора, що працює в режимі стартера. Основною ланкою для всіх систем електростартерного пуску дизелів тепловозів є акумуляторна батарея. Проте режими роботи акумуляторної батареї розрізняються в залежності від конкретної системи пуску.

Найважливішими параметрами батареї, які впливають на процес пуску двигуна, є її ємність і число електродів в акумуляторі, температура електроліту і ступінь розряду батареї. Ці параметри досить складно оцінити в умовах експлуатації маневрових тепловозів.

Для забезпечення надійної та безперебійної експлуатації маневрових тепловозів важливим завданням є визначення показників довговічності та надійності акумуляторних батарей маневрових тепловозів з метою оцінки та прогнозування технічного стану.

Аналіз досліджень та публікацій

Проаналізовані експериментальні данні та порівняні з теоретичними результатами моделювання акумуляторних батарей системи пуску тепловозних дизелів з врахуванням умови роботи під час пуску, вольт-амперних і розрядних характеристик

при різній температурі навколишнього середовища і ступеня розряду [1]. Досліджені та розроблені перспективні засоби діагностування акумуляторних батарей тепловозів [2]. Отримані результати для визначення показників довговічності та надійності акумуляторних батарей маневрових тепловозів [3].

Мета статті

Визначити показники довговічності та надійності акумуляторних батарей маневрових тепловозів на підставі статистичних даних щодо розподілу напрацювань на відмову із штатною й модернізованою системою пуску.

Виклад основного матеріалу

В роботі розглядаються показники надійності та довговічності модернізованої системи пуску дизеля тепловоза. Модернізація системи полягає в обмеженні пускового струму з використанням баластного опору, величина якого поступово зменшується під час пуску за рахунок застосування керованих напівпровідників [4].

Довговічність як властивість акумуляторних батарей маневрових тепловозів довгостроково зберігати працездатність до відмови або граничного стану залишкової ємності може бути кількісно оцінена кількома показниками, серед яких в першу чергу слід назвати середнє значення тривалості роботи (напрацювання) T акумуляторної батареї до відмови. Якщо відомий закон розподілу пускового струму i , то можна визначити

математичне сподівання, що має фізичний зміст середнього значення, тобто

$$M[T] = \int_0^{\infty} if(i)di = \int_0^{\infty} P(i)di = \int_0^{\infty} [1 - F(i)]di = T_{cp}. \quad (1)$$

Середня тривалість роботи до відмови застосовується переважно для об'єктів, що не ремонтуються та простих елементів складних систем. Для оцінки довговічності складних систем, що складаються з великого числа елементів (і тому ремонтів шляхом заміни елементів що відмовили), середнє напрацювання до відмови є недостатньо інформативним показником [5,6].

Для акумуляторних батарей маневрових тепловозів як показник довговічності доцільно застосовувати середнє напрацювання на відмову, що є відношенням сумарного напрацювання $T_{сум}$ однотипних акумуляторних батарей до кількості їх відмов $n_{отк}$ протягом цього напрацювання:

$$T_{cp} = \frac{T_{сум}}{n_{отк}} = \frac{1}{\omega_{cp}}. \quad (2)$$

де ω_{cp} - середнє значення параметра потоку відмов.

Важливим показником довговічності деталей і складальних одиниць системи пуску маневрових тепловозів є середній час напрацювання T_{pi} між технічними обслуговуваннями та ремонтами, під час яких акумуляторні батареї проходять обслуговування, підзарядку, контроль технічного стану. При цьому слід розрізняти нормативні значення T_{pi} , що встановлюються Укрзалізницею, і фактичні значення \bar{T}_{pi} , які визначаються за статистичними даними локомотивних депо і залізниць в конкретних умовах експлуатації маневрових тепловозів. Набір T_{pi} ($i = 1, 2, \dots, k$) міжремонтних пробігів визначається структурою прийнятого ремонтного циклу, що включений до видів технічних обслуговувань, поточних і капітальних ремонтів [6].

Гарантійний термін служби акумуляторних батарей після установки на тепловоз $T_{ГАР}$ – це термін служби, протягом якого завод виробник акумуляторів гарантує справність батареї і несе матеріальну відповідальність за несправності які виникають при дотриманні технічних умов експлуатації.

Для характеристики довговічності акумуляторних батарей маневрових тепловозів доцільно використовувати показник «гамма-відсоткове напрацювання». Якщо γ – обумовлений відсоток акумуляторів, то $L\gamma$ - гамма-відсоткове напрацювання, протягом якого не відмовлять (або не досягнуть граничного стану розряду) γ відсотків акумуляторних батарей одного типу [6].

Термін служби (ресурс) до списання акумуляторів $T_{сл}$ – це календарна тривалість експлуатації акумуляторних батарей до виходу з строю або іншого граничного стану, після якого відновлення працездатності та подальша експлуатація неможливі або економічно недоцільні.

Для розрахунку показників надійності акумуляторних батарей доцільно використовувати основні положення та висновки вибіркового методу оцінки параметрів розподілів напрацювання до відмови, статистичні відомості з щільності електроліту та напруги на елементах батареї, отримані з спостережень в локомотивних депо на тепловозах, що знаходяться в експлуатації.

При розгляді методики і формул розрахунку показників надійності передбачається, що вихідна інформація об'єктивна, достовірна, відібрана у відповідності до положень вибіркового методу і за обсягом достатня для отримання оцінок параметрів із заданою довірою ймовірністю і точністю [5,6].

При первинній обробці статистичної інформації її слід згрупувати по k інтервалах пробігу в залежності від мети аналізу. При групуванні даних по інтервалах позначається: Δn_i – число відмов об'єктів в i -му інтервалі ($i = 1, 2, \dots, k$); тривалість роботи батареї, відповідає середині i -го інтервалу шириною Δl .

Показники безвідмовності, довговічності і зберігання акумуляторів, коли відомий вид закону розподілу напрацювання до відмови або до заданого граничного стану, визначаються оцінками параметрів цих законів.

Для нормального закону розподілу величини пускових струмів акумуляторних батарей маневрових тепловозів, оцінки параметрів a і σ можна отримати при повному плані експлуатаційних випробувань за формулами, які при інтервальному групуванні даних перетворюються до вигляду наступної системи [6]:

$$\left. \begin{aligned} \bar{\alpha} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \Delta n_i l_i; \\ \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \Delta n_i (l_i - \bar{\alpha})^2}{N-1}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

На підставі проведених розрахунків отримана щільність розподілу значення пікового пускового струму та напрацювань на відмову акумуляторних батарей маневрових тепловозів із штатною й модернізованою системою пуску (рис. 1,2).

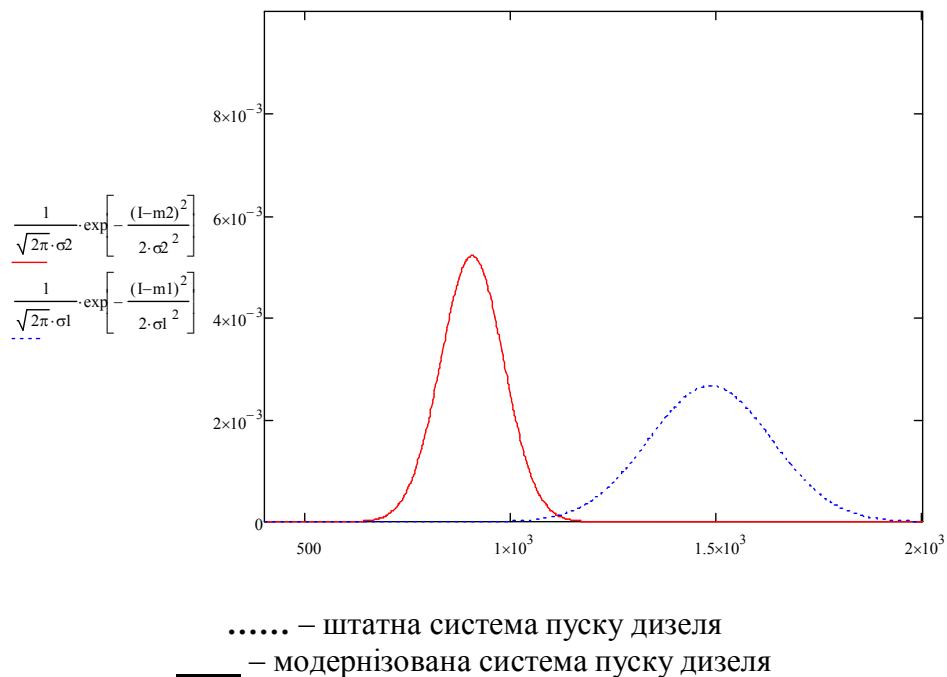


Рис. 1. Щільність розподілу значення пікового пускового струму акумуляторних батарей маневрових тепловозів

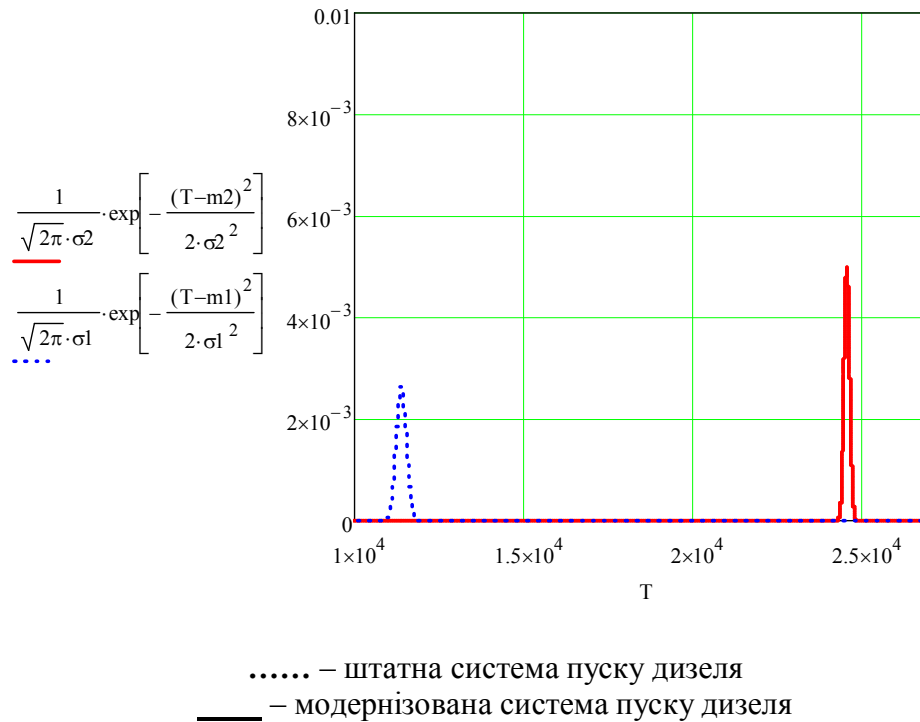


Рис. 2. Щільність розподілу напрацювання на відмову акумуляторних батарей маневрових тепловозів

Висновки

В статті викладено методику визначення показників довговічності та надійності акумуляторних батарей маневрових тепловозів на підставі аналізу щільності розподілу напрацювань на відмову із штатною й модернізованою системою пуску дизеля. Отримані дані свідчать про збільшення терміну служби акумуляторних батарей на 36%.

Список літератури:

1. Тартаковський, Е.Д. Аналіз експериментальних даних та їх порівняння з результатами теоретичних досліджень на основі розробленої адаптованої математичної моделі акумуляторних батарей системи пуску тепловозних дизелів [Текст] / Е.Д. Тартаковський, Ю.В. Кривошея, К.О. Рябко // Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип 28. – С. 136-142.

2. Рябко, К.О. Розробка перспективних засобів діагностування

акумуляторних батарей тепловозів [Текст] / К.О. Рябко // Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – Вип 35. – С. 111-116.

3. Тартаковский, Э.Д. Определение показателей долговечности и надежности аккумуляторных батарей маневровых тепловозов [Текст] / Э. Д. Тартаковский, А.В. Устенко, Ю.В. Кривошея, К.А. Рябко // Наука и образование транспорта: материалы 6-ї міжнар. наук.-практ. конф. (Самара, 05-07.11.2013). – Самара: СамДУШС, 2013. – С.48-79.

4. Рябко К.О. Подовження терміну служби акумуляторних батарей маневрових тепловозів шляхом удосконалення системи пуску дизеля // Дисертація на здобуття наукового ступеня к.т.н., спеціальність 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. [Текст] / Рябко Костянтин Олександрович. – Харків, 2012. – 126 с.

5. Агуф И.А., Дасоян М.А. Основы расчета конструирования и технологии производства свинцовых аккумуляторов [Текст]. – Ленинградское отделение.; Энергия, 1978. – 152 с.

6. Четвергов В.А. Надежность локомотивов: [учебник для вузов ж.-д. трансп.] / В. А. Четвергов, А. Д. Пузанков. – М. : Маршрут, 2003. – 415 с.

Анотації:

Довговічність як властивість акумуляторних батарей маневрових тепловозів довгостроково зберігати працездатність до відмови або граничного стану залишкової ємності може бути кількісно оцінена кількома показниками, серед яких в першу чергу слід назвати середнє значення тривалості роботи (напрацювання) T акумуляторної батареї до відмови. Для акумуляторних батарей маневрових тепловозів як показник довговічності доцільно застосовувати середнє напрацювання на відмову, що є відношенням сумарного напрацювання $T_{\text{сум}}$ однотипних акумуляторних батарей до кількості їх відмов $n_{\text{отк}}$. Для характеристики довговічності акумуляторних батарей маневрових тепловозів доцільно використовувати показник «гамма-процентне напрацювання». Для нормального закону розподілу величини пускових струмів акумуляторних батарей маневрових тепловозів, оцінки параметрів a і σ можна отримати при повному плані експлуатаційних випробувань. На підставі проведених розрахунків отримана щільність розподілу напрацювань на відмову акумуляторних батарей маневрових тепловозів із штатною й модернізованою системою пуску. Отримані дані свідчать про збільшення терміну служби акумуляторних батарей на 36%.

Ключові слова: акумуляторна батарея, ємність акумулятора, показники надійності, напрацювання на відмову, закон розподілу

Долговечность как свойство акумуляторных батарей маневровых тепловозов длительно сохранять работоспособность до отказа или предельного состояния остаточной емкости может быть количественно оценена несколькими показателями, среди которых в первую очередь следует назвать среднее время работы (наработка) T акумуляторной батареи на отказ. Для акумуляторных батарей маневровых тепловозов как показатель долговечности целесообразно применять среднюю наработку на отказ, которая

представляет собой отношение суммарной наработки $T_{\text{сум}}$ однотипных акумуляторных батарей количеству их отказов $n_{\text{отк}}$. Для характеристики долговечности акумуляторных батарей маневровых тепловозов целесообразно использовать показатель « гамма-процентную наработку». Для расчета показателей надежности акумуляторных батарей целесообразно использовать основные положения и выводы выборочного метода оценки параметров распределений наработки на отказ, статистические сведения по плотности электролита и напряжению на элементах батареи, тепловозов, находящихся в эксплуатации. Для нормального закона распределения величины пусковых токов акумуляторных батарей маневровых тепловозов, оценки параметров a и σ можно получить при полном плане эксплуатационных испытаний. На основании проведенных расчетов получена плотность распределения наработки на отказ акумуляторов маневровых тепловозов со штатной и модернизированной системой пуска. Полученные данные свидетельствуют об увеличении срока службы акумуляторных батарей на 36%.

Ключевые слова: акумуляторная батарея, ёмкость аккумулятора, показатели надёжности, наработка на отказ, закон распределения

Durability as a property batteries shunting locomotives long survive before failure or limit state residual capacity can be quantified by several factors, among which in the first place should be called mean time (working hours) T battery failures. Batteries for shunting locomotives as an indicator of durability appropriate to apply MTBF, which is the ratio of the total time T_{sum} similar batteries n_{otk} amount of their failures. For durability characteristics batteries shunting locomotives should be used indicator "gamma-interest operating time." For a normal distribution of values starting current batteries shunting locomotives, estimating the parameters a and σ can be obtained with the full terms of the performance test. On the basis of calculations obtained density distribution MTBF battery shunting locomotives with the standard and modernized system start-up. The findings suggest an increase in battery life by 36%.

Keywords: rechargeable battery, battery capacity, reliability, mtbf, distribution law