

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ. СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ І ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД АВТОМОБІЛІВ

УДК 621.436-55

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ ТЯГОВИХ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ ВЕЛИКОЇ ЄМНОСТІ

В.В. Данков, інженер, О.С. Панікарський, доцент, к.т.н, ХНАДУ

Анотація: Розглянуті особливості і шляхи удосконалення метода відновлення тягових свинцево-кислотних акумуляторів великої ємності. Описаний приклад відновлення стартерного акумулятора тепловоза.

Ключові слова: навколишнє довкілля, акумулятор.

УЛУЧШЕНИЕ МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЯГОВЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ

В.В. Данков, инженер, А.С. Паникарский, доцент, к.т.н, ХНАДУ

Аннотация: Рассмотрены особенности и пути улучшения метода восстановления тяговых свинцево-кислотных аккумуляторов большой емкости. Приведен пример восстановления стартерного аккумулятора тепловоза.

Ключевые слова: окружающая среда, аккумулятор.

PECULIARITIES OF ALGORITHM FOR A METHOD OF RENEWING HIGH CAPACITY LEAD-ACID ACCUMULATORS

V. Dankov, engineer, A. Panikarski, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU,

Abstract: Peculiarities of a modified method of renewing high capacity lead-acid cells are discussed. An example of renewing the diesel locomotive accumulator is presented.

Key words: environment, accumulator battery.

Вступ

На цей час свинцево-кислотні акумулятори зостаються найбільш поширеними електролітичними джерелами енергії. Оскільки великою складовою при їх виробництві є свинцевий металобрухт, то строк їх експлуатації не зріс за останні півстоліття через низьку чистоту сировини. Методом подовження строку слугування цих акумуляторів є використання тренувально-відновлювальних циклів.

Мета роботи

Для тягових та стартерних акумуляторів ве-

ликої ємності (в середньому 450 А·год) є свої особливості:

- по-перше, обслуговування таких акумуляторів потребує більших капітальних та енергетичних затрат;
- по-друге, виключання акумулятора із процесу експлуатації на період обслуговування тягне за собою експлуатаційні втрати на простій.

Зменшення впливу цих негативних факторів є ціллю даної роботи.

Огляд існуючих рішень

Рекомендований виробниками цикл розряду

аккумулятора струмом не більше $0,05 C$ (де C – ємність аккумулятора в А·год), а потім заряд струмом не більше $0,05 C$.

Відомий модифікований ступінчатий тренувально-відновлюваний цикл по методу Данкова В.В., який описаний в роботах [1,2,3,4], що дозволяє збільшити строк експлуатації аккумулятора в 1,5-2 рази.

Шляхи реалізації мети

По перше, для зменшення витрат електроенергії діагностика аккумуляторної батареї виконується струмом розряду $0,05 C$ по трьом контрольним точкам 10% від C , 20% від C і 40% від C (де C – ємність нової батареї). Значення напруги при розряді співвідносяться із значеннями напруги розрядних кривих аккумуляторів різної ємності.

Відбраковка по цим точкам вказує на те, що дані елементи потребують або подвійного циклу відновлення, або переведені в батарею меншої ємності.

Розглянемо технічне обґрунтування відновного обслуговування тепловозних АБ 48ТН-450-У2 (Е.Р.С 100 В, ємність $450 A \cdot \text{год.}$) за допомогою автоматичних інтелектуальних зарядно-розрядних пристроїв (ІАЗРП), в основі алгоритму яких використана розроблена Данковим В.В. методика відновного обслуговування і діагностики свинцево-кислотних аккумуляторів.

Розглянемо причинно-наслідковий характер проблем, через наявність яких важко забезпечити високо надійну роботу тепловозних АБ 48ТН-450-У2:

1. На заводі виробнику неможливо виготовити аккумуляторні блоки 2ТН-450-У2 при однаковій вихідній величині їх віддаємої ємності. При цьому розбіжність величин віддаємої ємності аккумуляторів у складі нової АБ 48ТН-450-У2 може бути на рівні до $0,2$ в частках від номінальної, за що завод-виробник ніякої відповідальності не несе.

2. При проведенні завершального заряду на заводі-виробнику АБ свідомо допускають значний недозаряд. В іншому випадку може мати місце вихід з ладу окремих аккумуляторів через їх перезарядження.

3. За даними досвіду роботи нові аккумуляторні блоки 2ТН-450-У2 (що надійшли від ТОВ «ХАЗ» ВЛАДАР»в зарядженому стані) після їх зберігання в аккумуляторному відділенні 1-2 місяці доводиться заряджати, як глибоко розряджені.

Причина цього - високо інтенсивний саморозряд, який завжди має місце при зберіганні нових недозаряджених свинцевих аккумуляторів (і особливо тих, в складі активної маси яких міститься велика кількість різних домішок).

Для того щоб об'єктивно оцінити рівень якості стану свинцевих аккумуляторів при діях будь-яким з відомих способів, аккумулятори, що діагностуються, необхідно напередодні максимально можливо повністю зарядити. При цьому рівень якості стану всієї АБ оцінюється за даними величин характеристик (віддаємої ємності) найбільш слабкого аккумулятора в складі даної АБ.

4. За умовами штатного використання половина аккумуляторних блоків зі складу тепловоза АБ 48ТН-450-У2 постійно задіяні для живлення засобів зв'язку. При цьому при непрацюючому двигуні протягом тривалого часу сила струму розряду не більше, ніж $0,02$ в частках номінальної ємності.

За даними вчених-дослідників Центру наукових досліджень фірми А/О ВАРТА-Баттері встановлено, що при тривалій роботі свинцевого аккумулятора при силі струму розряду на рівні не більше, ніж $0,02$ в частках номінальної ємності, може відбуватися значне накопичення важко розчинних продуктів розряду (сульфату свинцю) в складі активної маси нижньої частини пластин електродів.

При цьому з того ж джерела відомо, що для успішного перетворення вище названого продукту розряду (особливо в складі негативних пластин) необхідна наявність умов при яких рівень напруги заряду не вище $2,0^{+0,05}$ В, з розрахунку на один 2-х вольтів елемент. Інакше сульфатація нижньої частини пластин електродів стає причиною значного нерівномірного підвищення рівня величини внутрішнього опору аккумуляторів і додаткового наростання розбіжності величин характеристик аккумуляторів у складі АБ.

Як відомо з досвіду роботи по ходу експлуа-

тації будь-яких свинцевих акумуляторів відбувається старіння активної маси, додатковим каталізатором чого можуть бути побічні домішки в її складі. При цьому також має місце прогресивно наростаюче зменшення об'ємної пористості активної маси.

За даними провідних фахівців-дослідників Ленінградського НДІ «СТА»[5] відомо, що для усунення проблем, викликаних через старіння і зменшення об'ємної пористості активної маси, може бути ефективним проведення відносно глибоко розряду акумулятора при величинах сили струму розряду на рівні від 0,02 до 0,05 в частках номінальної ємності.

За даними досліджень, проведених в лабораторії кафедри «Автомобільна електроніка» ХНАДУ встановлено, що при цьому також може бути високо ефективним багатоступінчастий відновний заряд, який проходить при мінімально можливій зарядній напрузі [3,4].

5. Існуюча база для обслуговування тепловозних АБ (зарядно-розрядні пристрої та інструкції щодо їх використання) не забезпечують можливості безпечно проведення відновного обслуговування з досягненням максимально можливої повноти заряду кожного акумулятора в складі батареї, що обслуговується. При цьому, навіть досвідчені фахівці акумуляторники, далеко не завжди, досягають позитивного результату при відновленні частково засульфатованих акумуляторних блоків 2ТН-450-У2.

На практиці, при спробі заряду частково засульфатованих акумуляторів без урахування можливого значного накопичення важко розчинних продуктів розряду, відомі випадки вибухів.

Згідно діючих інструкцій по експлуатації АБ 48ТН-450-У2 завжди на першому етапі заряду сила струму має бути від 0,06 до 0,1 в частках номінальної ємності. При цьому на самому початку заряду засульфатованих акумуляторів відбувається піноутворення в складі електроліту.

У стартерному режимі роботи в складі частково засульфатованої активної маси позитивних пластин можуть утворюватися голкоподібні частки сульфату свинцю. Ці сульфатотворення відрізняються особливо слабким

механічним зв'язком з основним складом активної маси.

Під впливом електромагнітного потоку, створюваного початковою силою струму на першому етапі заряду, вище названі голки сульфату свинцю можуть проникнути через сепаратор і викликати закорочення різномірних пластин електродів.

У разі, якщо таке закорочення відбудеться в цій зоні виділяється багато водню, який міститься в бульбашках піни електроліту і може статися вибух акумулятора.

По-друге для зменшення витрат електроенергії і зменшення випаровування електроліту виключений етап вирівнювального заряду за рахунок індивідуального або групового заряду ідентичних по ємності комірок багатоканальним зарядним пристроєм.

Розглянемо функціональні можливості інтелектуальних автоматичних зарядно-розрядних пристроїв (ІАЗРП) типу «ОДКБ-2/12-50/60», що забезпечують успішне подолання вище викладених проблем.

1. В 2016 році завершена розробка і успішно проведені випробування ІАЗРП типу «ОДКБ-2 / 12-50 / 60» в лабораторії кафедри «Автомобільна електроніка» ХНАДУ.

В основі алгоритму роботи цього ІАЗРП використана розроблена інженером-винахідником Данковим В.В. методика відновного обслуговування і діагностики свинцевих акумуляторів в складі АБ. При цьому для проведення відновного обслуговування АБ 48ТН-450-У2 поділяють на 8 12-ти вольтових груп.

Тестування у вигляді контролю реакції акумуляторних блоків на тестове навантаження проводять перед початком першого циклу і через 2 години після завершення кожного наступного циклу відновлюваного обслуговування (ВО). При проведенні тестування встановлюють:

- чи доцільно проведення відновного обслуговування даної групи акумуляторних блоків у складі підконтрольної групи;
- чи готова дана 12-ти вольтова група (яка містить 3-шт акумуляторних блоку 2ТН-450-У2) до використання без потреби в додатковому обслуговуванні.

За даними тестування, проведеного після завершального циклу відривального обслуговування встановлюють залишковий запас ресурсу служби підконтрольної АБ згідно її штатного призначення, а також визначають термін проведення чергового планово-попереджувального відновного обслуговування даної тепловозної АБ.

За даними завершального тест - циклу визначається місце встановлювання кожного акумуляторного блоку 2ТН-450-У2 до складу АБ 48ТН-450-У2.

2. Відновлювальне обслуговування проводять в обсязі:
- попередній профілактичний 2-х ступінчастий розряд;
 - багатоступінчастий відновний заряд.

На 1-му ступені розряду сила струму становить 0,025 в частках номінальної ємності, яку витримують протягом чотирьох годин, після чого сила струму розряду автоматично збільшується в два рази. Розряд автоматично завершується при досягненні алгоритмічно заданої величини напруги розряду на полюсних виводах 12-ти вольтової групи, що обслуговується.

При такому порядку проведення розряду забезпечується зародження на всю глибину активної маси щодо великозернистого рихлопористого сульфату свинцю.

3. При проведенні відновного заряду, який проходить при мінімально можливій зарядній напрузі, вище названий продукт розряду перетворюється в високо об'ємно пористу та повністю заряджену активну масу, стійку від опливання. При цьому в складі активної маси, в порівнянні з діями при інших способах відновного обслуговування, зароджується більша кількість зерен тетрагональної форми, які в порівнянні із зернами ромбічної форми, мають значно більшу площу бічної поверхні.

За інших рівних умов, чим більше площа бічної поверхні зерен активної маси, тим більше частки електроліту одночасно можуть брати участь в струмоутворюючому процесі.

При цьому при рівних рівнях навантаження відзначають багато менше падіння напруги, а також багато меншу розбіжність напруги ро-

зряду серед акумуляторів в складі батареї.

Шляхом багатоступінчастого підвищення величини сили струму заряду з алгоритмічно заданими часовими інтервалами забезпечується проведення заряду при мінімально можливій зарядній напрузі.

Весь процес відновного заряду за ознаками обмеження верхньої межі сили струму і величини зарядної напруги алгоритмічно розділений на 8 етапів і одну безструмову паузу.

Процес відновного заряду автоматично завершується при досягненні максимально можливої повноти заряду кожного акумулятора в складі 12-ти вольтової групи, що обслуговується, без ознак наявності згубних ефектів перезарядження.

Так як на момент завершення заряду досягається максимально можлива повнота зарядженості кожного акумулятора при відсутності значної загазованості активної маси, то при витримці в спокої обслугованих при цьому акумуляторів інтенсивність їх саморозряду в 5-7 разів менше, в порівнянні з загальноприйнятою.

Опис експерименту

Для відновлення акумуляторної батареї типу 48-ТН-450-У2 за методикою Данкова В.В. в акумуляторному відділенні виробничого підрозділу «Локомотивне депо Основа» були відібрані 24 шт. 4-х вольтових акумуляторних блоків 2ТН-450-У2 2008-2012 р.р. випуску з числа відпрацювавших свій ресурс і які мають величину віддаємої ємності на рівні не більше 35% від номінальної.

При відновленні АБ 48ТН-450-У2 було використано інтелектуальний автоматичний зарядно-розрядний пристрій типу «Блок зарядно-відновний модульний БЗВМ-2 / 12-3».

Відібрані акумуляторні блоки мали найбільшу вихідну електрорушійну силу 2,05 В з розрахунку на один 2-х вольтовий елемент, вимірювання щільності електроліту в даних акумуляторних блоках проведені не були через попереднє доливання в них дистильованої води без підзарядки на штатному зарядному пристрої.

Для проведення відновного обслуговування

24 шт. акумуляторних блоків по вихідному рівню їх якості були розподілені на вісім 12 вольтових груп. При цьому групи №№ 1-4 досягли достатньої повноти заряду на першому циклі відновного заряду. Групи №№ 5-8 досягли достатньої повноти заряду при завершенні другого циклу відновного заряду. В процесі відновного обслуговування мінімальна розрядна напруга 2-х вольтів акумуляторів була не менше 1,7 В, а максимальна напруга заряду не більше 2,54 В.

Після завершення відновного обслуговування за станом на 26.04.2016 р величина електрорушійної сили обслугованих акумуляторів була не нижчою 2,05 В, а величина густини 1,25 г / см³.

Після цього в період з 27.04. по 11.05.2016 р була проведена перевірка відновленої АБ 48ТН-450-У2 на саморозряд. При перевірці параметрів відновленої АБ 11.05.2016 р. величина напруги в акумуляторних блоках 2ТН-450-У2 склала: 2,04 В - 2 елементи, 2,05 В - 1 елемент, 2,06 - 12 елементів, 2,07 В - 19 елементів, 2,08 В - 11 елементів, 2,09 - 1 елемента, 2,10 - 2 елементи з розрахунку на один 2-х вольтовий елемент. Густина електроліту склала: 1,24 г / см³ - 2 елементи, 1,25 г / см³ - 6 елементів; 1,255 г / см³ - 4 елементи; 1,26 г / см³ - 15 елементів; 1,265 г / см³ - 2 елементи; 1,27 г / см³ - 16 елементів; 1,28 г / см³ - 3 елементи.

Таким чином, після закінчення 14 днів після відновного обслуговування АБ 48ТН-450-У2 за методикою Данкова В.В. саморозряд виявлено не було.

11.05.2016 р відновлена АБ 48ТН-450-У2 була встановлена на секцію «Б» тепловозу 2ТЕ116 № 1488, при цьому напруга батареї склала 100 В. Шляхом триразового запуску дизель-генератора 1А-5Д49 з інтервалом в 25 хвилин випробувана під навантаженням без проміжної зарядки. За результатами запусків були отримані наступні параметри АБ:

1-й запуск: загальну напругу акумуляторної батареї - 100 В; при включеному маслопрокачуючому насосі сила струму - 70 А, величина напруги - 94 В; при запуску дизеля величина сили струму навантаження - 145 А, величина напруги розряду - 58 В; після 3-х хвилин роботи дизеля величина сили струму заряду - 50 А.

2-й запуск: загальну напругу акумуляторної

батареї - 99 В; при включеному маслопрокачуючому насосі сила струму - 70 А, величина напруги - 94 В; при запуску дизеля величина сили струму навантаження - 140 А, величина напруги розряду - 56 В; в момент закінчення пуску дизеля величина сили струму заряду - 55 А; після 3-х хвилин роботи дизеля величина сили струму заряду - 30А.

3-й запуск: загальну напругу акумуляторної батареї - 100 В; при включеному маслопрокачуючому насосі сила струму - 70 А, величина напруги - 95 В; при запуску дизеля величина сили струму навантаження - 140 А, величина напруги розряду - 54 В; після 3-х хвилин роботи дизеля величина сили струму заряду - 30А.

На підставі 3-х пробних запусків дизеля секції «Б» тепловозу 2ТЕ116 № 1488 без проміжної підзарядки АБ, була дозволена дослідна експлуатація акумуляторної батареї типу 2ТН-450-У2 протягом трьох місяців. Після закінчення терміну дослідної експлуатації відновленої батареї типу 2ТН-450-У2 встановлена можливість її використання нарівні з однотипною справною.

Після проведення всіх вищевказаних робіт було складено експертний висновок за результатами проведеного відновного обслуговування свинцево-кислотної АБ типу 48ТН-450-У2 на базі акумуляторного відділення виробничого підрозділу «Локомотивне депо Основа».

Висновки

1. З урахуванням вище наведеного з використанням ІАЗРП «ОДКБ-2 / 12-50 / 60» може бути забезпечена (при відсутності впливу людського фактору) технічна можливість успішного подолання проблем.

2. Тепловозні акумуляторні батареї 48ТН-450-У2, які ТОВ «ХАЗ» ВОЛОДАР» виробляє з використанням в якості матеріалу сировини для виготовлення активної маси продуктів утилізації свинцевих АБ, можуть надійно працювати згідно штатного призначення в 2 раза довше.

3. Для забезпечення можливості 2-кратного, у порівнянні з нині наявними, збільшення їх амортизаційного ресурсу служби, відновлювальне обслуговування та діагностику АБ 48ТН-450-У2 з використанням методики Да-

нкова В.В. доцільно проводити:

- при введенні в експлуатацію нової АБ;
- після перших двох років напрацювання ресурсу служби;
- після чотирьох років напрацювання ресурсу служби;
- далі через кожні 15-18 місяців.

4. На всіх етапах процесу відновного обслуговування (ВО) попереджаються умови, що можуть призвести до наростання розбіжності величин характеристик акумуляторів в складі обслуговуваних АБ. При цьому також попереджаються умови, що можуть призвести до високоінтенсивних сплесків розігріву акумуляторів і та інтенсивної загазованості активної маси.

5. Шляхом оптимального вибору струмообмеження та інтенсивності наростання величин зарядного струму, що задаються в залежності від рівня якості вихідного стану обслуговується АБ, - на всіх етапах процесу ВО попереджається інтенсивне перемішування електроліту і участь в цьому перемішуванні накопичених продуктів зносу елементів акумуляторів. За рахунок цього досягається максимально можлива енергонасиченість акумуляторів і високий рівень рівномірності величин їх напруги заряду і розряду.

6. Шляхом використання 2-х ступінчастого розряду забезпечується можливість зародження в усій глибині активної маси щодо великокристалічного рихлопористого сульфату свинцю. Такий продукт розряду при подальшому відновлювальному заряді перетворюється в високооб'ємнопористу активну масу, стійку від опливання і містить багато більшу кількість зерен активної маси тетрагональної форми.

При однаковій їх кількості зерна активної маси тетрагональної форми мають багато більшу площу бічної поверхні, за рахунок чого більша кількість частинок електроліту одночасно вступають в струмостворюючий процес.

7. Відновлювальний заряд завершується при досягненні всіма акумуляторами в складі АБ, що обслуговується, максимально можливої їх енергонасиченості без прояву згубних ефектів перезарядження.

8. При проведенні діагностики, яка викону-

ється до початку проведення 1-го циклу ВО визначається доцільність проведення цього обслуговування, або АБ відбраковують. За даними діагностики, виконуваної після завершального циклу ВО, визначають рівень залишкового запасу ресурсу надійної роботи АБ, що обслуговується, згідно штатного призначення. При цьому представляється можливим організувати своєчасні планово-попереджувальні оновлення акумуляторного парку даного підприємства.

Література

1. Данков В.В. Патент Держпатенту України на винахід НО1М 10/44 №18026А від 17.06.97 «Спосіб відновлювального обслуговування акумулятора у складі батареї».
2. Данков В.В. Патент Держпатенту України на винахід НО1М 10/44 №18025А від 17.06.97 «Спосіб визначення стану кислотного свинцевого акумулятора у складі батареї».
3. Причины преждевременного сокращения срока эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов и способы их устранения / В.В. Данков, А.С. Паникарский // Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2015. – №8.С.193–202. http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE15_2/index.html
4. Причинно-следственный характер проблем в области изготовления и эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції [«Автомобіль і електроніка. Сучасні технології»] (Харків, Україна, 17-19 листопада 2015 р.) / В.В. Данков, А.С. Паникарский. – Х. : ХНАДУ, 2015. – 172 с. – С. 69–71. <http://car-electroniks.hol.es/konferencia.html>
5. Бессонова Т.М., Большакова Н.В., Животинский Л.Б. Изменение структуры пористых пластин свинцевого аккумулятора при работе. Сборник работ по химическим источникам тока. Выпуск 6. Л. «Энергия». 1971.

Рецензент: О.В. Бажинов, д.т.н., професор ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 23 листопада 2017 р.