

УДК 629.3-504

ВЛИЯНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

А.С. Паникарский, к.т.н., доц., ХНАДУ, В.В. Данков, инж.,
С.А. Сладких, к.т.н., доц., НТУ ХПИ, М.А. Кучерявая, асп., ХНАДУ,
А.И. Куликов, студ., ХНУРЭ

Аннотация. Рассмотрен модифицированный способ восстановления свинцовых автомобильных аккумуляторов ступенчатым тренировочным циклированием разряд-заряд.

Ключевые слова: экологическая обстановка, аккумуляторная батарея, гибридный автомобиль

ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ЦИКЛІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

О.С. Панікарський, к.т.н., доц., ХНАДУ, В.В. Данков, інж.,
С.А. Сладких, к.т.н., доц., НТУ ХПІ, М.А. Кучерявая, асп., ХНАДУ,
О.І. Куліков, студ., ХНУРЕ

Анотація. Розглянутий модифікований спосіб відновлення свинцевих автомобільних акумуляторів ступінчастим тренувальним циклюванням розряд -заряд.

Ключові слова: екологічне довкілля, акумуляторна батарея, гібридний автомобіль

THE INFLUENCE OF REGENERATION AUTOMOBILE LEAD-ACID BATTERY BY TRAINING CHARGE- DISCHARGE CYCLING FOR OPERATION PARAMETERS

A. Panikarski, assistant professor, cand. eng. sc., KhNADU, V. Dankov, engineer,
S. Sladkih, assistant professor, cand. eng. sc., NTU KhPI,
M. Kucheriavaia, post graduate student, KhNADU, A. Kulikov, student, KhNURE

Abstract. Consideration the method of regeneration automobile lead-acid battery by stepped training charge- discharge cycling.

Keywords: preservation of the environment, lead-acid battery, hybrid automobile.

Введение

Свинцово-кислотные гелиевые аккумуляторы имеют сегодня очень широкое применение в различных областях техники. Это – источники бесперебойного питания; легкие транспортные средства: электровелосипеды, электроскутеры, бюджетные электромобили, в основном китайского производства. Данные

аккумуляторы являются экологически чистыми в эксплуатации, однако их производство остаётся грязным для персонала завода и окружающей среды.

Нехватка энергоресурсов повышает необходимость в поддержании готовности источников аварийного электроснабжения на случай перегрузки системы и её аварийного отключения.

Другим фактором является рост цен на жидкое топливо для автотранспорта. Это ставит дилемму перед владельцами автомобиля: или продавать свой еще не изношенный автомобиль с бензиновым или дизельным двигателем и покупать дорогой гибрид или электромобиль, или купить к основному транспортному средству легкий электровелосипед или электроскутер для поездок внутри района проживания. Последний подход имеет сдерживающий фактор, что свинцово-кислотные аккумуляторы в таком малом транспортном средстве служат $2 \div 2,5$ года, а их замена составляет треть от стоимости лёгкого транспортного средства. Электровелосипеды с долговечными литиевыми аккумуляторами стоят столь дорого, как подержанный автомобиль малого класса.

Что касается электромобилей бюджетного сегмента со свинцово-кислотными аккумуляторами, то их потребительские качества ухудшаются через два года, что приводит к значительным затратам на замену аккумуляторов.

В связи с изложенными выше проблемами в настоящее время актуальными являются методы обслуживания свинцово-кислотных аккумуляторов, которые продлевают срок их эксплуатации.

Обзор существующих решений проблемы

Инструкции по эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов рекомендуют проводить каждые полгода профилактический цикл разряд-заряд. [1] Разряд-заряд производят током 20-часового полуцикла, т.е. $0,05\text{ С}$, где С – емкость аккумулятора при 20-часовом разряде. Известны различные способы ступенчатого восстановительного цикла [2,3]. Сообщается о разработке интеллектуального зарядно-восстановительного устройства, в котором используется ступенчатый разряд и ступенчатый заряд в режиме стабилизированного напряжения по эмпирической программе [4].

Цель и постановка задачи

Задачей данного исследования является уточнить критерии, по которым определяется

необходимость восстановительного цикла разряда-заряда, а также проверить усовершенствованную методику восстановительного цикла, основанного на ступенчатом разряде-заряде стабилизированным током, меняющимся по эмпирическому алгоритму.

Экспериментальное исследование различных типов восстановительных циклов на потребительские свойства аккумуляторов

Для эксперимента взяли произвольных 10 свинцово-кислотных гелиевых аккумуляторов производства Харьковского завода «Владар» емкостью 50 А-час и напряжением 12 В, и возрастом 7 лет.

Вначале аккумуляторы эксплуатировались на гибридном автомобиле «Таврия» разработки кафедры «Автомобильная электроника» ХНАДУ. В результате экстремальных разрядов до низкого напряжения ряд аккумуляторов потерял емкость, и вся батарея была снята с эксплуатации.

Затем часть аккумуляторов использовалась, как пусковые для автомобилей «Hyundai-Accent» и «Toyota Prius», другая часть держалась на хранении с подзарядкой один раз в год. А третья часть из наиболее слабых два года не заряжалась. Диагностика состояния осуществлялась по трём параметрам: Э.Д.С., внутреннее сопротивление и ёмкость при разряде током $0,1\text{ С}$.

Для сравнения различных методов восстановления: ступенчатым током и классическим током $0,05\text{ С}$, одна часть аккумуляторов разряжалась и заряжалась одним методом, а часть – другим.

Разряд и заряд ступенчатым током осуществлялся начиная от тока $0,007\text{ С}$ и заканчивался током $0,07\text{ С}$ по алгоритму, разработанному инженером Данковым В.В., в конце цикла следовал выравнивающий заряд при стабилизированном напряжении 14,4 В с последующим снижением напряжения до 14,2 В.

В классическом методе также присутствовал выравнивающий заряд при стабилизированном напряжении 15 В, когда

ток снижался до значения менее 0,05 С.

Перед снижением все аккумуляторы пытались подзарядить до Э.Д.С. не менее 12,6 В ежедневным зарядом. Э.Д.С. контролировалась после устранения напряжения поляризации подключением нагрузки с током 200 А на 5 с, а затем проводились замеры Э.Д.С.

Часть аккумуляторов заряд не восприняли. Это те аккумуляторы, которые не заряжались 2 года. У них была исходная Э.Д.С. $9,5 \div 10,5$ В.

Следует заметить, что аккумуляторы в своем большинстве имели повышенное внутреннее сопротивление, характерное для пусковых

свойств аккумуляторов данного типоразмера.

Ориентировочно мы определили максимально допустимое внутреннее сопротивление как:

$$R_0 = \frac{E - U_{\min}}{I_{\max}} = \frac{12,5 - 7,5}{500} = 0,01 \text{ Ом},$$

где E – Э.Д.С. – 12,5 В.

$U_{\min}$ – минимальное напряжение на стартере, 7,5 В

$I_{\max}$ – максимальный пусковой ток 500 А при 20°C.

Результаты эксперимента приведены в таблице.1

Таблица 1 Результаты проведенных экспериментов

№ АКБ	Метод восст	Исход R_0 , Ом	Начальн емкость, А-ч	I цикл R_0 , Ом	I цикл емкость А-ч	II цикл R_0 , Ом	II цикл емкость А-ч	% уменш. внутр. сопротив.	% увелич. емкос.
1	классич	0,0107	33,2	0,089	47,2	-	-	27	42
2	ступенч.	0,22	5	0,014	20	0,013	20	94	300
3	не пригод к. з.	-	-	-	-	-	-		
4	ступенч.	0,012	42,6	0,082	42,6	-	-	32	0
5	не пригод к. з.	-	-	-	-	-	-		
6	не пригод к. з.	-	-	-	-	-	-		
7	ступенч.	0,0113	20,3	0,0113	29,7	0,011	30	3	46
8	не пригод к. з.	-	-	-	-	-	-		
9	классич	0,0195	30	0,011	39,6	-	-	44	32
10	классич	0,022	22	0,0095	28,8	-	-	130	31

Испытания проводились с целью достижения внутреннего сопротивления 0,01 Ом, достаточного для пусковых характеристик данного типоразмера. Измерение емкости осуществлялось током 0,1 С с целью уменьшить влияние такого разряда на процесс восстановления.

Проанализируем полученные результаты. Аккумуляторы № 1, 2, 4, 7, 9, 10 имели исходную Э.Д.С. $12,4 \div 12,7$ В.

Аккумуляторы № 3, 5, 6, 8 хранились в разряженном состоянии и имели Э.Д.С. $8 \div 10,5$ В.

Все аккумуляторы подверглись рабочему заряду стабилизированным током не более 0,1 С до достижения зарядного напряжения

15 В.

Аккумуляторы № 3, 5, 6, 8 имели повышенную утечку и восстановлению не подлежали.

Из всех аккумуляторов ни один не был пригоден для зимней эксплуатации ввиду большого внутреннего сопротивления и не мог бы обеспечить ток холодной прокрутки.

Аккумуляторы № 1, 4, 7 могли обеспечить летнюю эксплуатацию автомобиля.

Аккумуляторы № 2, 9, 10 были сильно сульфатированы и не пригодны к эксплуатации.

Аккумуляторы № 1, 2, 9, 10 были

подвергнуты классическому способу восстановления током разряда 0,05 С до напряжения 10,8 В и зарядом током 0,05 С до напряжения 15 В.

Аккумулятор № 2 быстро достиг напряжения 15 В, не набрав ёмкости. Было решено осуществить на нём ступенчатый цикл.

В результате проведенных восстановительных циклов 3 аккумулятора стали пригодными для зимней эксплуатации (№1,4,10). А еще 3 аккумулятора (№2,7,9) могли эксплуатироваться в летний период.

Обсуждение результатов

Из приведенной выше таблицы видно, что ступенчатый метод лучше справляется с растворением труднорастворимых соединений свинца («сульфатацией») (акк. № 2).

Для аккумуляторов с неизношенной активной массой он позволяет достичь исходного заводского значения внутреннего сопротивления (акк. № 4).

Для аккумуляторов, подвергшихся значительной эксплуатационной нагрузкой он позволяет вернуть мелкозернистую пористую структуру и повысить емкость (акк. № 7).

Кроме того, в эксплуатационном устройстве со ступенчатым восстановительным циклом предусмотрен выравнивающий заряд при напряжении 14,2 В несколько часов.

Это исключает обильное газовыделение и обеспечивает стабильные характеристики электролита, а также взрывобезопасность.

В классическом методе выравнивающий заряд осуществляется достижением зарядного напряжения $14,8 \div 15$ В. В случае несвоевременного выключения это грозит обильным газовыделением и вздутием аккумулятора.

Авторы не претендуют на количественную оценку двух методов, т.к. она зависит от многих факторов: исходного сырья электродов, количества циклов заряд-разряд, глубины разряда, температуры эксплуатации, условий хранения и др.

Выводы

Восстановлению подлежат аккумуляторы, которые хранились заряженными независимо от их состояния работоспособности.

Критерием необходимости проведения восстановительного цикла является не временной интервал (раз в полгода или раз в три месяца), а увеличение внутреннего сопротивления аккумулятора выше допустимого (смотри формулу выше).

Контроль внутреннего сопротивления производить не реже, чем раз в три месяца или при проявлении ухудшения пусковых характеристик (напряжение на стартере в момент пуска меньше 7,5 В) и при уменьшении величины пробега электротранспорта.

Для восстановления сильно «сульфатированных» батарей предпочтительно использовать ступенчатый метод.

Выполнение изложенных выше пунктов позволит продлить срок эксплуатации аккумуляторных батарей в $1,5 \div 2$ раза, ведь выход из строя одной ячейки, негативный процесс в которой вначале незаметен, приводит к неработоспособности всей батареи.

Литература

1. Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные 6СТЭН-140М, 6СТ-140Р, 12СТ70М и 12СТ70. Инструкция по эксплуатации ФЮЗ.553.011ИЭ
2. Варыпаев В.Н. и др. Химические источники тока. Учебное пособие для хим. технол. спец. вузов/ В.Н. Варыпаев, М.А. Дасоян, В.А. Никольский; Под. ред. В.Н. Варыпаева- М. Высш.шк., 1990.-240 с.
3. Спосіб відновлювального обслуговування акумулятора у складі батарей. Данков В.В. Патент на винахід 18026 А, Н01М 10/44, заяв. 19.1.96., опуб. 17.06.97.
4. Восстановление свинцовых автомобильных аккумуляторов тренировочным циклированием разряд-заряд / А.В. Бажинов, А.С. Паникарский, В.В. Данков, А.И.

Черных , С.Д. Дылев // [Електронний ресурс] / Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове фахове видання. – Х.: ХНАДУ, 2013. – №2(5). – ISSN 2226-9266 – Режим доступа: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE13_2/index.html

Рецензент В.П. Волков, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редколлегию 12.04.2015