
**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 629.4.082.32

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

© 2019 С.А. Баран, Г.П. Сметанкин

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Работа посвящена вопросам модернизации технологии обслуживания аккумуляторных батарей для электрического транспорта. Рассматриваются методы зарядки аккумуляторных батарей, приводится структурная схема автоматической установки для заряда аккумуляторных батарей ассиметричным током.

Ключевые слова: аккумуляторные батареи, заряд, разряд, ассиметричный ток, станция автоматическая зарядно-разрядная, техническое обслуживание.

Поступила в редакцию 21.06.2019

После доработки 09.08.2019

Принята к публикации 13.08.2019

Одной из важных составных частей подвижного состава являются аккумуляторные батареи, от них зависит надежность и безотказность работы автоматики, обеспечение электроэнергией машин и механизмов во время стоянок и первоначального пуска, а также питание схем управления электровозов при прохождении нейтральных вставок. Для обеспечения надежной и долговечной работы аккумуляторной батареи необходимо проведение регламентных работ, периодический разряд и заряд батареи для снятия пассивации электродов, сезонная смена электролита и промывка [1]. Для обслуживания аккумуляторных батарей необходимо привлечение квалифицированного персонала и организация круглосуточного режима работы. Не секрет, что при работе в ночной смене внимательность персонала снижается и более вероятен технологический брак, который может привести к выходу из строя отдельных элементов или всей батареи в целом. Работающее в настоящее время оборудование для обслуживания аккумуляторных батарей в депо морально устарело и физически изношено, что требует постоянного внимания при работе с ним. В то же время, его модернизация без изменения технологии переподготовки батарей приводит лишь к увеличению как первичных затрат, так и эксплуатационных расходов.

В ОАО «ВЭлНИИ» на основании теоретических разработок и многолетних экспериментальных исследований выявлены закономерности поведения никель-кадмиевых аккумуляторных батарей при заряде ассиметричным током. По заказу МО РФ разработаны и апробированы на производстве способы автоматического ускоренного заряда никель-кадмиевых аккумуляторных батарей ассиметричным током, предназначенные для эксплуатации герметичных и вентилируемых батарей различного назначения, позволяющие сократить время переподготовки батарей более чем в два раза без ухудшения эксплуатационных характеристик [2].

Разработанные способы успешно применяются для эксплуатации и обслуживания закрытых никель-кадмиевых аккумуляторных батарей различной номинальной емкости и технологии изготовления. Данные режимы реализованы в зарядно-разрядной станции для обслуживания электровозных батарей. Эффективность заряда аккумуляторной батареи асимметричным током связана с тем, что короткий разрядный импульс тока разряжает поверхность пластин заряжаемого аккумулятора, не проникая в глубину электрода, в результате заряд аккумулятора проходит при более низком напряжении (рис. 1), что ведет к уменьшению газовыделения и отсутствию потерь электролита вследствие «выкипания». Пониженное напряжение на аккумуляторной батарее уменьшает энергозатраты при заряде, а отсутствие газовыделения говорит о том, что практически весь ток заряда используется на электрохимическую реакцию преобразования активной массы, и только в конце заряда, когда большая часть активной массы преобразована, напряжение на батарее растет, повышается интенсивность выделения газа и увеличивается температура аккумуляторной батареи. Найденные критерии оценки состояния батареи позволяют осуществлять контроль процесса заряда в реальном масштабе времени и производить заряд никель-кадмиевых аккумуляторных батарей асимметричным током в автоматическом режиме. Исследования показали, что эксплуатация аккумуляторных батарей при заряде режимами асимметричного тока увеличивает емкость аккумуляторов на 10-20% и позволяет увеличить срок службы батарей [3-4].

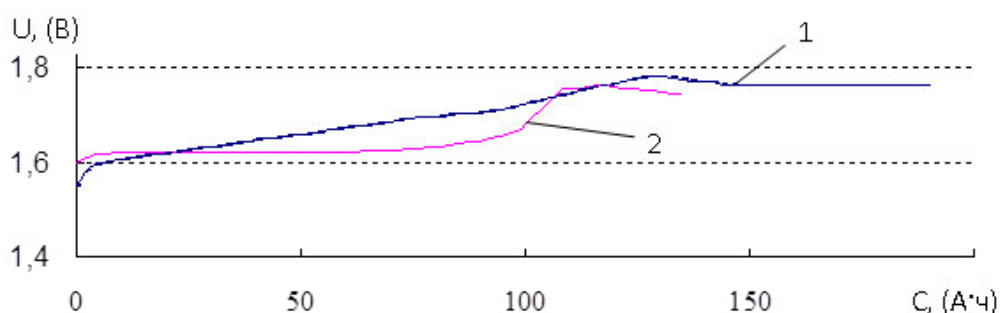


Рисунок 1 – Графики роста напряжения на аккумуляторе НК-125 при заряде: 1 – постоянным током; 2 – асимметричным током [Graphs of voltage growth on the NK-125 battery when charging: 1 – direct current; 2 – asymmetric current]

При заряде аккумуляторных батарей постоянным током ток заряда распределяется между двумя составляющими: током заряда поверхности пористого электрода и током заряда, который по порам проникает в глубину электрода. В зависимости от коэффициента пористости, до 80% площади поверхности электрода находится в порах. Доступ зарядного тока к активной массе, находящейся в порах, осуществляется по электролиту, как по проводящей среде. Одной из составляющих, препятствующих проникновению тока заряда в глубину электрода, является омическое сопротивление электролита в поре. Часть тока заряда расходуется на электролиз воды, пузырьки газа образовавшиеся в порах уменьшают площадь сечения проводящей среды, тем самым, увеличивая омическое сопротивление электролита в поре и препятствуя прохождению тока в глубину поры. Таким образом, происходит вытеснение тока на поверхность электрода, зарядная реакция концентрируется на поверхности электрода, с ростом заряженности потенциал поверхности повышается, а, соответственно, повышается интенсивность выделения газа, образующиеся пузырьки перекрывают поры и препятствуют прохождению тока в глубину электрода. Для полного заряда аккумуляторной батареи в соответствии с ТУ ей необходимо сообщить

$3C_{\text{ном}}$. Газовые пузырьки, выходя из устьев пор, выталкивают активную массу и токопроводящее связующее. Происходит так называемое «вымывание» активной массы, в результате чего

образуется необратимая потеря емкости аккумуляторов, а токопроводящее связующее, оседая на дне банки, увеличивает саморазряд и может привести к короткому замыканию между пластинами аккумулятора. Следовательно, активное газовыделение при заряде снижает срок службы батареи.

При заряде асимметричным током происходит равномерное распределение заряда по толщине электрода, и полный заряд активной массы происходит при сообщении аккумуляторной батареи $1,2 \div 1,4C_{\text{ном}}$ без активного газовыделения и разогрева батареи, благодаря чему срок службы батарей увеличивается.

В локомотивном депо «Самара» Куйбышевской железной дороги эксплуатируется современная станция САЗР-4,5-380/100-УХЛ4-202 для обслуживания щелочных аккумуляторных батарей электровозов. Станция создана в ОАО «ВЭЛНИИ», г. Новочеркасск, по заказу Куйбышевской ж.д. Первый вариант станции заряда аккумуляторных батарей асимметричным током около десяти лет эксплуатируется в локомотивном депо Каменоломни С.К.Ж.Д.

В станции реализованы режимы заряда асимметричным током, которые позволяют сократить время межсезонной переподготовки электровозных аккумуляторных батарей, и обеспечивают экономию электроэнергии в 3,5 раза без ухудшения характеристик аккумуляторных батарей. Благодаря пониженному газовыделению при заряде отсутствуют потери электролита, тем самым снижается экологическая нагрузка на окружающую среду. Разработанная с использованием современных достижений науки и технологии, зарядная станция отвечает всем требованиям, предъявляемым к промышленному оборудованию: высокую надежность, экономичность, простоту в обслуживании, экологичность. Автоматизация обеспечивает проведение выбранного режима работы без участия оператора [5-7].

Станция автоматическая зарядно-разрядная (рис. 2) позволяет проводить в автоматическом режиме заряд электровозной аккумуляторной батареи 42НК-125 асимметричным током, разряд постоянным током, тренировку аккумуляторной батареи после смены электролита до набора необходимой величины емкости.

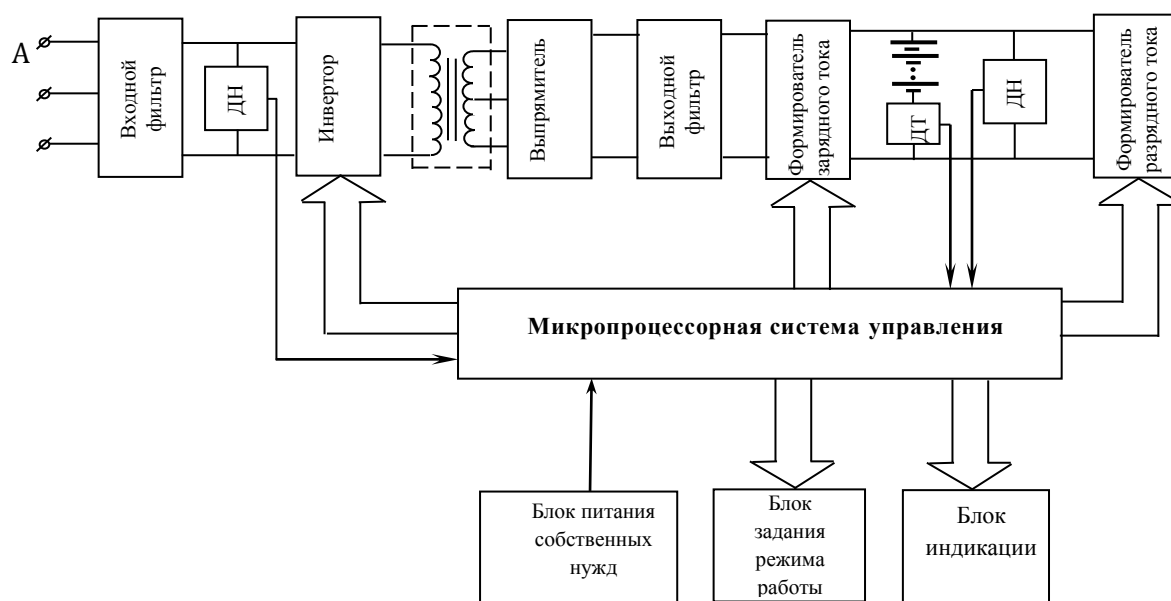


Рисунок 2 – Блок-схема заряд-разрядной станции [Block diagram of a charge-discharge station]

С помощью органов управления и индикации станция позволяет выбрать и запустить необходимый режим работы, встроенный микропроцессор позволяет адаптировать станцию под требования заказчика и вводить новые режимы заряда.

Использование САЗР позволяет в два раза сократить время, необходимое для восстановления емкости аккумуляторной батареи и исключить потери электролита при заряде.

Выпрямленное входное 3-фазное напряжение 380В поступает на полноуправляемый мостовой инвертор, который формирует переменное высокочастотное напряжение для трансформатора. Вторичные обмотки трансформатора подключены к выпрямителю и, далее, к выходному фильтру, которые формируют промежуточное стабилизированное напряжение для формирователя зарядного тока. Для создания разрядного импульса асимметричного тока используется схема с рекуперацией энергии, что повышает КПД установки. Стандартный разряд аккумуляторной батареи осуществляется на активную нагрузку за счет собственного напряжения, а схема управления поддерживает ток разряда постоянным. Управление силовой частью, контроль параметров установки, определение конца заряда (разряда) батареи, индикацию параметров батареи осуществляет микропроцессорная система управления. Автоматизация процесса позволяет упростить обслуживание аккумуляторных батарей и уменьшить вероятность ошибок оператора при обслуживании.

Использование в установке метода передачи энергии на высокой частоте позволяет значительно снизить габариты и массу трансформатора и всей установки в целом, и повысить КПД [8-9].

Таблица 1 – Сравнительные данные по вводу в действие батареи при смене электролита на установке УЗА 43А-150-80 и новой заряд-разрядной станции САЗР-4,5-380/100-УХЛ4-202 [Comparative data on the battery commissioning when changing the electrolyte at the UZA 43A-150-80 unit and the new charge-discharge station SAZR-4,5-380 / 100-UHL4-202]

Параметры	УЗА 43А-150-80	САЗР-4,5-380/100-УХЛ4-202
Время заряда	12 часов	4,5 часа
Сообщаемая емкость в % от номинальной ($C_{ном}$)	300%	120%
Ток разряда	$0,1C_{ном}$ до напряжения 1В на аккумулятор	$0,1C_{ном}$ до напряжения 1В на аккумулятор
Вспенивание электролита	Присутствует	Отсутствует
Макс. количество циклов	4	3
Время ввода батареи в эксплуатацию	88 часов	43,5 часа
КПД устройства	0,65	0,9
Габариты (мм)	600x600x1600	500x320x900
Масса (кг)	265	~ 50
Потребление энергии на один цикл заряда/разряда (КВт·час)	43,7	11,6
Потребление энергии за период ввода батареи в эксплуатацию (КВт·час)	174,8	34,8

Сравнительные данные по вводу в действие батареи при смене электролита на новой заряд-разрядной станции (из опыта эксплуатации САЗР-4,5-380/100-УХЛ4-202 в депо «Самара» Куйбышевской Ж.Д.) и установки УЗА 43А-150-80, эксплуатируемой в депо в настоящее время, приведены в таблице 1 [10-12]. Данные по аккумулятору НК-125 взяты из ФБО.358.011 ТО.

Таким образом, техническое обслуживание одной батареи в течение года на новой заряд-разрядной станции дает экономию электроэнергии около 80%. Расчетный срок окупаемости станции менее года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таймаров, М. А. Повышения надёжности аккумуляторных батарей / М. А. Таймаров, И. З. Багаутдинов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 13. – С. 311-313.
2. Сметанкин, Г. П. Исследование эффективности заряда никель-кадмиевых аккумуляторных батарей асимметричным и постоянным током / Г. П. Сметанкин, А. С. Бурдюгов, С. С. Матекин // Электрохимическая энергетика. – 2008. – № 3. – С. 164-167.
3. Чупин, Д. П. Методы диагностики аккумуляторных батарей / Д. П. Чупин // Измерение, контроль, информатизация: материалы XIII Международной научно-технической конференции, Барнаул, т. 1. – Барнаул : АлтГТУ, 2012. – С. 164-168.
4. Кликушин, Ю. Н. Метод оперативной оценки емкости аккумуляторных батарей / Ю. Н. Кликушин, Д. П. Чупин // Измерение, контроль, информатизация: материалы XIII Международной научно-технической конференции, Барнаул, т. 1. – Барнаул : АлтГТУ, 2012. – С. 158-161.
5. Ситников, А. В. Аккумуляторные батареи носимых электронных устройств // А. В. Ситников, С. И. Масленникова // Радиостроение. – 2017. – № 05. – С. 52-72
6. Лазарев, Г. Б. Управление эффективностью механизмов собственных нужд ТЭС / Г. Б. Лазарев // Энергия единой сети. – 2012. – № 5. – С. 58-67.
7. Малафеев, А. В., Тремасов М. А. Анализ устойчивости двигателей собственных нужд тепловых электростанций с учетом характеристик приводных механизмов / А. В. Малафеев, М. А. Тремасов // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – № 4. – С. 6-13. – DOI.org/10.18503/2311-8318-2016-4(33)-6-13.
8. ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7» от 8 июля 2002 № 204 / Минэнерго РФ. 1 января 2003 г. – URL : <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html>.
9. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
10. Садовников, А. В. Литий-ионные аккумуляторы / А. В. Садовников, В. В. Макаrchук // Молодой ученый. – 2016. – № 23. – С. 84-89.
11. Цивадзе, А. Ю. Фундаментальные проблемы литий-ионных аккумуляторов / А. Ю. Цивадзе, Т. Л. Кулова, А. М. Скундин // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2013. – № 2. – С. 149. – DOI.org/10.7868/S0044185613020083.
12. Сысолятин, В. Ю. Цифровое устройство заряда-разряда химических источников тока / А. Ю. Сысолятин // Омский научный вестник. – 2012. – № 3. – С. 241-245.

REFERENCES

- [1] Taimarov M.A., Bagautdinov I.Z. Improving the Reliability of Batteries. Bulletin of Kazan Technological University. 2014. № 13. P. 311-313.
- [2] Smetankin G.P., Burdyugov A.S., Matekin S.S. Investigation of Charge Efficiency of Nickel-Cadmium Rechargeable Batteries by Asymmetric and Direct Current. Electrochemical Power Engineering 2008. № 3. P. 164-167.
- [3] Chupin D.P. Diagnostic Methods of Battery Batteries. Measurement, Control, Informatization: Materials of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference V. 1. Barnaul: AltSTU, 2012. P. 164-168.
- [4] Klikushin Yu.N., Chupin D.P. Method of Rapid Assessment of Battery Capacity. Measurement, Control, Informatization: Materials of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference V. 1. Barnaul: AltSTU, 2012. P. 158-161.
- [5] Sitnikov A.V., Maslennikova S.I. Rechargeable Batteries of Wearable Electronic Devices. Radiostroenie. 2017. № 05. P. 52-72

- [6] Lazarev G.B. Managing the Efficiency of Mechanisms for the Own Needs of TPPs. Energy of the Unified Network. 2012. № 5. P. 58-67.
- [7] Malafeev A.V., Tremasov M.A. Analysis of Engine Stability of their Own Needs of Thermal Power Plants Taking into Account the Characteristics of the Driving Mechanisms. Electrical Systems and Complexes. 2016. № 4. P. 6-13. DOI.org/10.18503/2311-8318-2016-4(3333-6-13).
- [8] PUE Rules for Electrical Installations. Edition 7 dated July 8, 2002 № 204. Ministry of Energy of the Russian Federation. January 1. 2003
- [9] Rozhkova, L.D., Kozulin, V.S. Electrical Equipment of Stations and Substations. 3rd ed. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 648 p.
- [10] Sadvnikov A.V., Makarchuk V.V. Lithium-Ion Batteries. Young Scientist. 2016. № 23. P. 84-89.
- [11] Tsivadze, A.Yu., Kulova, T.L., Skundin, A.M. Fundamental Problems of Lithium-Ion Batteries. Physicochemistry of the Surface and Protection of Materials. 2013. № 2. P. 149. DOI.org/10.7868/S0044185613020083.
- [12] Sysolyatin V.Yu. Digital Charge-Discharge Device for Chemical Current Sources. Omsk Scientific Herald 2012, № 3. P. 241-245.

Automated Station for Maintenance and Restoration of Battery Capacity In Depot

S.A. Baran¹, G.P. Smetankin²

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University
“MEPhI”, Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

1 ORCID iD: 0000-0002-3232-4072

WoS Researcher ID: I-7933-2018

e-mail: bastr@rambler.ru

2 ORCID iD: 0000-0002-8191-6496

e-mail: nvo_@mail.ru

Abstract – The work is devoted to the issues of modernization of the maintenance technology for electric vehicle batteries. It considers methods for charging batteries, gives a block diagram of an automatic installation for charging batteries with an asymmetric current.

Keywords: rechargeable batteries, charge, discharge, asymmetric current, automatic charge-discharge station, maintenance.