

УДК 621.355.2

ПОРТАТИВНЫЕ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ СВИНЦОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ И БАТАРЕИ

М. М. Барсукова, Г. А. Коликова

ОАО «Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический аккумуляторный институт “Источник”», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: mmb60@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.02.10 г.

Представлены результаты исследований отечественных и зарубежных герметизированных свинцовых батарей (ГСБ). Изучено влияние температуры на эксплуатационные характеристики ГСБ. Установлена зависимость напряжения разомкнутой цепи (НРЦ) и импеданса ГСБ от степени заряженности батарей. Показана высокая точность метода диагностирования степени заряженности ГСБ по НРЦ.

Ключевые слова: герметизированные свинцовые батареи, эксплуатационные характеристики, диагностирование степени заряженности.

The research results of the sealed lead-acid (SLA) batteries of domestic and foreign production are considered. The effect of temperature on the SLA batteries operational performances was investigated. The relationship between the open-circuit voltage (OCV) and the SLA battery stage-of-charge as well as the relationship between the open-circuit voltage (OCV) and the battery impedance were determined. The high accuracy of the stage-of-charge diagnosis method based on the battery OCV measuring was proven.

Key words: sealed lead-acid batteries, operational performances, stage-of-charge diagnosis.

Герметизированные свинцовые аккумуляторы (ГСА) и аккумуляторные батареи (АБ) широко используются в качестве основных и резервных источников питания аппаратуры различного назначения, поскольку пригодны для работы как в режиме циклирования, так и в буферном. В связи со значительным ростом потребности в аварийных источниках питания электронной аппаратуры и систем сигнализации, необходимых при периодическом отказе системы подачи переменного напряжения, возрос интерес к этим надёжным, безопасным источникам питания, обслуживание которых сводится, как правило, к периодическому проведению зарядов или непрерывному подзаряду.

В начале 1990-х гг. в ОАО «НИАИ “Источник”» были разработаны и поставлены на производство на Саратовском аккумуляторном заводе герметизированные свинцовые аккумуляторы СГ-10 номинальной ёмкостью ($C_{ном}$) 10 А·ч и батареи 6СГ-10 и 24СГ-10 на их основе.

Сравнительные испытания показали соответствие характеристик аккумуляторов СГ-10 аккумуляторам Yuasa номинальной ёмкостью 12 А·ч в диапазоне токов разряда от 0.05С до 3С.

Батареи 24СГ-10 (ИКШЖ.563473.001 ТУ) ёмкостью 10 А·ч напряжением 48 В предназначались для источников бесперебойного питания аппаратуры и комплектовались из батарей 6СГ-10 напряжением 12 В (ИКШЖ.563411.015 ТУ).

Длительность разряда батареи 24СГ-10 превышала требования технических условий (ТУ) при

всех режимах разряда в диапазоне температур от 0 до плюс 45°C.

При требовании ТУ 200 циклов фактическая наработка батареи составила более 300 циклов.

Одним из преимуществ герметизированных свинцовых аккумуляторов является их работоспособность при низких отрицательных температурах. Результаты испытаний аккумуляторов СГ-10 подтвердили возможность их эксплуатации при температуре до минус 50°C. При токе разряда 0,5 А ёмкость при температуре минус 30°C составила 70%, при минус 50°C — 30% от ёмкости разряда при стандартных условиях (рис. 1).

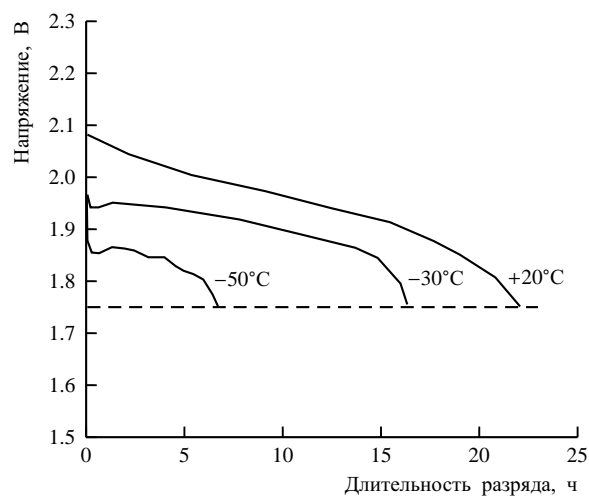


Рис. 1. Разрядные кривые герметизированного свинцового аккумулятора СГ-10 при различной температуре и токе разряда 0,5 А

Более детально вопрос о влиянии температуры на разрядные характеристики герметизированных аккумуляторов был рассмотрен в работе [1]. На рис. 2 представлена зависимость ёмкостных характеристик аккумуляторов СГ-10 от температуры для различных режимов разряда до конечного напряжения 1.75 В.

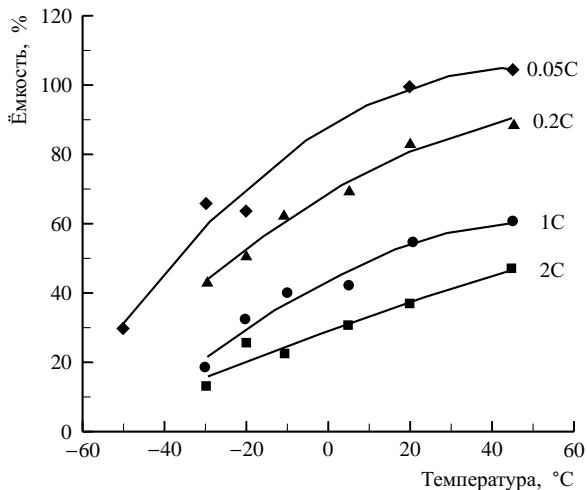


Рис. 2. Зависимость ёмкости свинцовых герметизированных аккумуляторов СГ-10 от тока разряда и температуры. Конечное напряжение — 1.75 В

Снижение конечного разрядного напряжения даёт заметное увеличение ёмкости при токе разряда 2С и отрицательной температуре. Так, при разряде до напряжения 1,45 В получено увеличение ёмкости при минус 10°С на 50%, при минус 30°С — в 2 раза.

ГСА, в отличие от щелочных аккумуляторов, способны принимать заряд малым током при отрицательных температурах, что особенно актуально для источников тока, работающих в условиях холодного и арктического климата. Аккумуляторы СГ-10, разряжённые при температуре минус 30 °С, были заряжены при той же температуре при ограничении величины начального тока 0.18 А, в течение 66 ч с коэффициентом перезаряда 1,23. Ёмкость при последующем разряде в стандартных условиях составила 68% от полученной на предыдущем разряде при плюс 20°С.

При эксплуатации источников тока на небслуживаемых объектах возможны ситуации, при которых АБ могут быть разряжены полностью до 0 В. В соответствии с ГОСТ Р МЭК 61056–1–99 [2] ГСА и АБ должны восстанавливать ёмкость после глубокого разряда. Испытания по методике ГОСТ показали, что аккумуляторы СГ-10 после разряда на сопротивление в течение 15 суток могут быть заряжены в течение 48 ч. При этом восстановленная ёмкость составила 87–89% от ёмкости 20-часового

разряда, что удовлетворяет требованию ГОСТ [2] (не менее 75%).

Испытания аккумуляторов СГ-10 на сохранность заряда показали, что за первый месяц хранения потеря ёмкости составила не более 3%. По истечении трёх месяцев аккумуляторы имели остаточную ёмкость 80%, через 4 месяца — 75%, что соответствует требованиям ГОСТ [2].

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что отечественные аккумуляторы СГ-10 и батареи на их основе по электрическим характеристикам и диапазону рабочих температур не уступают зарубежным аналогам. Однако отсутствие в настоящее время производства ГСА в России вынуждает отечественных разработчиков электронного оборудования и приборов использовать в качестве источников электропитания АБ зарубежных производителей.

С целью обеспечения бесперебойного электропитания аппаратуры, разрабатываемой НПО «Марс», в ОАО «НИАИ «Источник»» были проведены работы по разработке модуля 48СГ120 для накопления и хранения электрической энергии номинальным напряжением 48 В номинальной ёмкостью 12 А·ч на основе герметизированной свинцовой батареи LC-RA1212СН фирмы «Panasonic».

Батарея LC-RA1212СН напряжением 12 В номинальной ёмкостью 12 А·ч имеет удельную энергию 37 Вт·ч/кг и 100 Вт·ч/дм³. Фактическая ёмкость модуля 48СГ120 при разряде током 0.6 А до 42 В составила от 12.5–12.9 А·ч на начальных циклах до 13.2–13.5 А·ч к 100-му циклу.

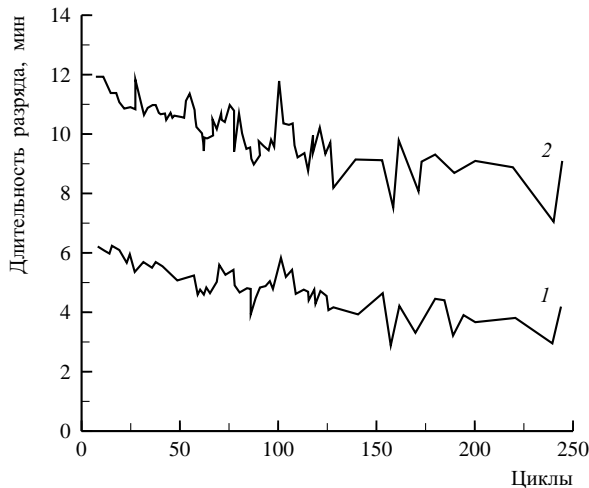
Результаты испытаний модуля 48СГ120 на электрические характеристики и наработку для токов разряда от 8.5 до 30 А и конечного напряжения 45 и 42 В представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, а снижение конечного напряжения разряда до 42 В даёт возможность увеличения длительности разряда батареи током 30 А в два раза. В процессе циклирования батареи короткими режимами наблюдалось постепенное снижение ёмкости (рис. 3, а, б), для восстановления которой через каждые 20–25 циклов проводились лечебные разряды током 0.6 А.

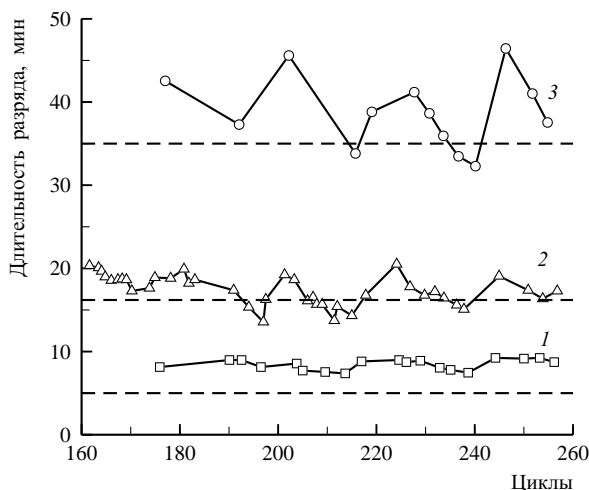
Ёмкость батарей LC-RA1212СН при температуре минус 20°С и токе разряда 0,6 А составила 70% от номинальной, что соответствует данным, полученным для аккумуляторов СГ-10 (см. рис. 2).

Батареи LC-RA1212СН имеют хорошую сохраняемость. За первый месяц хранения после 140 циклов наработки потери ёмкости батарей не наблюдалось. Хранение батарей в течение 20 месяцев без подзаряда после 240 циклов привело к потере 20% ёмкости, а после хранения в течение

34 месяцев батареи имели 50–60% от номинальной ёмкости. Полученные данные свидетельствуют о возможности использования данных батарей в качестве резервных источников питания.



а



б

Рис. 3. Изменение длительности разряда модуля батареи 48СГ120 в процессе циклирования: а — ток разряда 30 А; конечное напряжение: 1 — 45 В; 2 — 42 В; б — ток разряда: 1 — 22 А; 2 — 15 А; 3 — 8,5 А; конечное напряжение 45 В

Обеспечение надёжности и безопасности эксплуатации ГСА требует постоянного контроля их состояния, поэтому актуальными являются вопросы диагностирования аккумуляторов в процессе эксплуатации и возможность прогнозирования их дальнейшей работоспособности.

Для решения указанных задач необходимо определение параметров аккумулятора, позволяющих с достаточной точностью оценить его состояние, наличие методик оценки и аппаратуры для проведения тестирования.

Основным критерием состояния аккумуляторов при эксплуатации является остаточная ёмкость (степень заряжённости). Наиболее простым и точным способом определения остаточной ёмкости является проведение разряда, однако этот метод не всегда приемлем, поскольку требует отключения от системы и затрат времени и энергии.

Для оценки остаточной ёмкости ГСА могут быть использованы следующие параметры аккумулятора: напряжение при разомкнутой цепи (НРЦ) и под нагрузкой, внутреннее сопротивление постоянному току, внутреннее сопротивление переменному току (импеданс).

В отличие от щелочных аккумуляторов степень заряжённости свинцовых аккумуляторов можно определить по величине НРЦ, поскольку она зависит от концентрации электролита, которая в процессе разряда изменяется довольно значительно. Однако следует отметить, что данный метод требует длительной выдержки ГСА при отключённом токе для установления равновесия.

В процессе исследований модуля на основе герметизированных свинцовых батарей LC-RA1212CH была получена линейная зависимость НРЦ от остаточной ёмкости (рис. 4), что позволяет достаточно точно определить состояние заряжённости батареи. При одинаковой степени заряжённости разброс по НРЦ для исследованных АБ в начале циклирования находился в пределах 20 мВ, что составляет менее 1%.

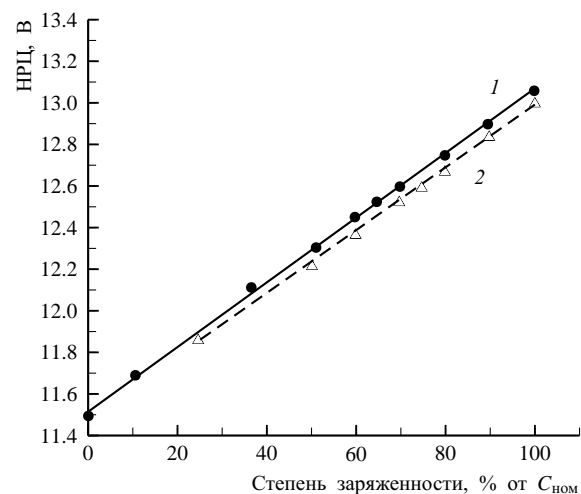


Рис. 4. Зависимость НРЦ герметизированной свинцовой батареи LC-RA1212CH от степени заряженности в начале циклирования (1) и после 120 циклов (2)

Высокая точность прогнозирования остаточной ёмкости батарей по НРЦ была подтверждена экспериментально. Так, батареи LC-RA1212CH, отработавшие более 250 циклов, после хранения в течение 34 месяцев имели НРЦ 12.43 и 12.29 В

и разрядную ёмкость 62.5 и 52.3% от $C_{ном}$, что соответствует степени заряженности 63 и 53%, определённой по зависимости 2 (см. рис. 4).

Изменение НРЦ батарей LC-RA1212CH в процессе хранения представлено на рис. 5.

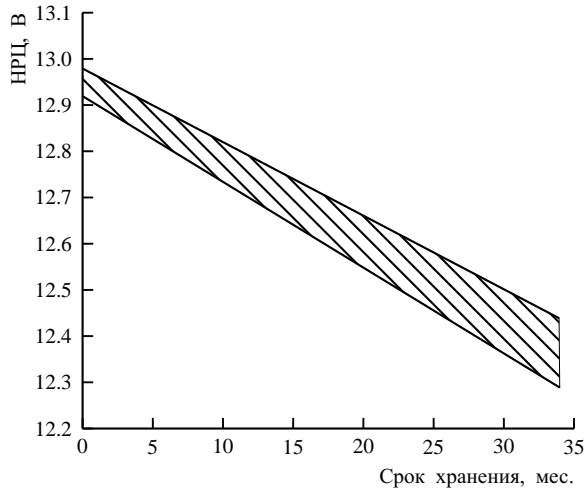


Рис. 5. Изменение НРЦ батарей LC-RA1212CH в процессе хранения

При определении импеданса батареи LC-RA1212CH в процессе разряда выявлено его незначительное изменение до степени разряженности ~ 90% (рис. 6), что свидетельствует о невозможности оценки остаточной ёмкости батареи по импедансу при меньшей степени разряженности.

Таким образом, в результате проведённых исследований показано, что отечественные герметизированные свинцовые аккумуляторы СГ-10 и батареи на их основе:

- работоспособны в диапазоне токов разряда 0.5–30 А и температур от минус 50 до плюс 45°C;
- принимают заряд при температуре минус 30°C;
- способны восстанавливать ёмкость после глубокого разряда;
- имеют небольшой саморазряд.

Результаты испытаний как зарубежных, так и отечественных герметизированных свинцовых батарей свидетельствуют о возможности их использования в широком диапазоне режимов эксплуатации для питания различной электронной аппаратуры и приборов.

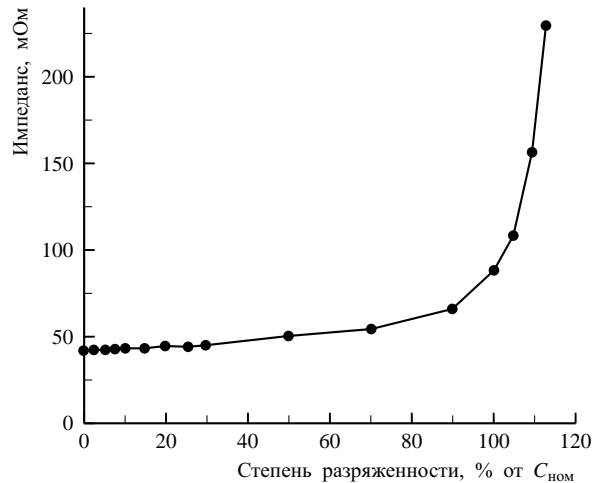


Рис. 6. Изменение импеданса герметизированной свинцовой батареи LC-RA1212CH в процессе разряда током $0.1C_{ном}$

Показано, что метод измерения НРЦ позволяет достаточно точно диагностировать состояние заряженности герметизированных свинцовых батарей. Диагностика остаточной ёмкости ГСА и батарей по импедансу целесообразна при степени разряженности батареи более 90%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коликова Г. А., Барсукова М. М. // Электротехника. 2002. № 10. С. 57.
2. ГОСТ Р МЭК 61056-1-99. Портативные свинцово-кислотные аккумуляторы и батареи (закрытого типа). Ч. 1. Общие требования, функциональные характеристики. Методы испытаний.