

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Р. Ю. Литвинов, А. В. Романов, С. И. Буртасов, М. В. Данилкин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Основной задачей при разработке образца ВиВТ является обеспечение надежности каждой его составной части и образца в целом, в том числе при эксплуатации в сложных (жестких) климатических условиях. Источники электропитания, в том числе и химические источники тока (ХИТ), являются неотъемлемой частью большинства образцов ВиВТ, поэтому вопросы обеспечения надежности ХИТ начинают решать уже на этапе выбора электрохимической системы и конструктивного исполнения ХИТ.

В настоящее время, наряду с требованиями надежности ХИТ, заказчиком ВиВТ все чаще выставляются требования по эргономике ХИТ. Это требования к простоте и удобству изделия в эксплуатации, требующие оперативного контроля готовности ХИТ к эксплуатации: контроль степени разряженности (контроль остаточной ёмкости) и контроль степени деградации (степени ухудшения электрических параметров).

Актуальность проблемы

Наиболее перспективной электрохимической системой ХИТ для образца ВиВТ представляется литий-ионная. Возможности диагностирования состояния отечественных литий-ионных аккумуляторов в настоящее время изучены слабо или недостаточны для решения прикладных задач. К тому же, информация о технических характеристиках ХИТ опытного, а зачастую и серийного изготовления доступна в ограниченном объёме и не содержит сведений о работоспособности ХИТ при воздействии многих видов климатических, механических и специальных факторов. Ограниченность информации обусловлена отсутствием у разработчика ХИТ технической возможности проведения дополнительных испытаний (исследований) или причиной не востребованности потребителями ХИТ с такими характеристиками.

Проведение дополнительных исследований и испытаний, накопление информации о полных технических характеристиках и диагностических методах ХИТ в базе знаний позволит не только описать более точно «общую картину», типичную для выбранной электрохимической системы, но и определить четкие критерии для принятия решений при диагностировании конкретных типов ХИТ.

Основные вопросы

В данной работе проведены исследования ХИТ литий-ионной электрохимической системы с целью:

- подтверждения заявленных технико-эксплуатационных характеристик ХИТ;
- прогнозирования работоспособности ХИТ при критических температурах;
- выявления функциональных зависимостей для выбора метода диагностирования остаточной емкости ХИТ.

Метод исследований

Исследованиям подвергались три аккумуляторные батареи 2ЛИА-4. В ходе исследований измерялись напряжение разомкнутой цепи (НРЦ) батарей и напряжение батарей под нагрузкой (Ун) при разной остаточной емкости батареи. Емкость заряженной батареи (4 А·ч) принималась за 100 %. Батарея помещалась в термокамеру, выдерживалась при нужной температуре в течение 1 часа и затем проводились измерения НРЦ и Ун. Ун измерялось как среднее значение напряжения батареи за время 0,1 сек. при подключении к нагрузке с током потребления 1 А (2 А, 3 А). Измерения проводились при температурах +25, +50, 0, -25, -50°С. Далее батарея разряжалась током 2 А в течение 12 минут, что соответствует уменьшению емкости 0,4 А·ч, или на 10 % от номинальной емкости. После разряда батарея выдерживалась в течение 12 часов для восстановления НРЦ, и измерения повторялись.

Результаты исследований

На диаграммах (рис. 1–4) приведена зависимость Ун батареи от остаточной емкости при различных токах нагрузки.

При токе нагрузки, близком к номинальному току разряда батареи (0,8 А), Ун соответствует диапазон рабочих напряжений батареи при температурах от +50 до -25 °С. При температуре -50°С Ун батареи находится ниже допустимого диапазона рабочих напряжений (отмечен на диаграммах пунктирной линией). Это говорит о невозможности использования батареи при температурах ниже предела, установленного в ТУ на батарею (-30 °С). При токе нагрузки, превышающем номинальный ток разряда батареи,

Ун батареи соответствует диапазону рабочих напряжений батареи при положительных температурах.

При отрицательных температурах U_n батареи находится ниже допустимого диапазона рабочих напряжений, отмечались случаи срабатывания схемы защиты батареи. (Рис). Следует отметить, что порог срабатывания защиты батареи составляет 2,5 В.

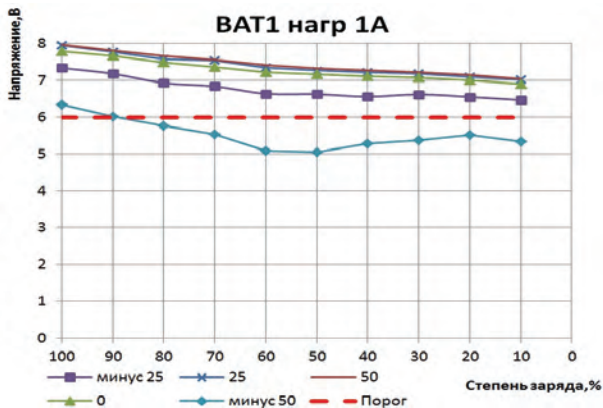


Рис. 1. Зависимость U_n от степени заряда при токе нагрузки 1А

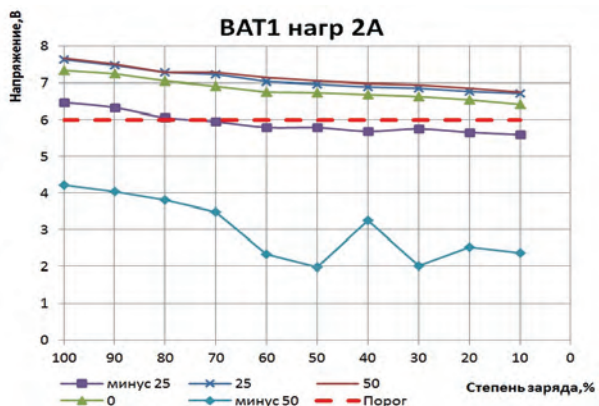


Рис. 2. Зависимость U_n от степени заряда при токе нагрузки 2А

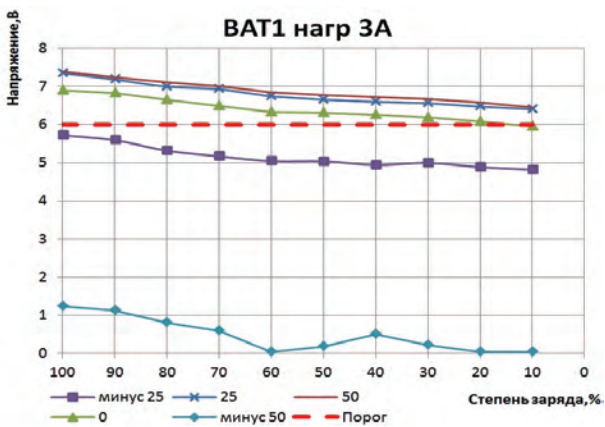


Рис. 3. Зависимость U_n от степени заряда при токе нагрузки 3А

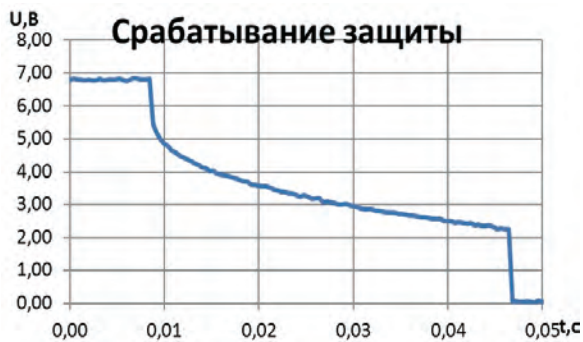


Рис. 4. Напряжение на батарее при срабатывании защиты

На диаграммах (рис. 5–8) приведены зависимости НРЦ и U_n батареи от остаточной емкости при различных значениях температуры окружающей среды. Можно отметить, что разница между значениями НРЦ и U_n батареи не меняется с уменьшением величины остаточной емкости батареи и при одинаковых значениях температуры окружающей среды носит линейный характер. Зависимость U_n от остаточной емкости батареи и может быть использована для оценки состояния батареи по величине U_n , при этом необходимо учитывать температурный коэффициент.

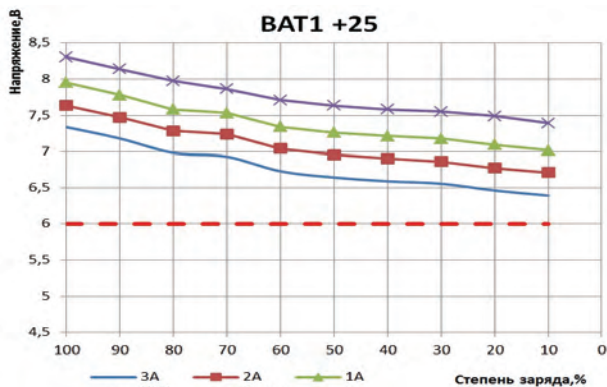


Рис. 5. Зависимость НРЦ и U_n от степени заряда при температуре +25 °C

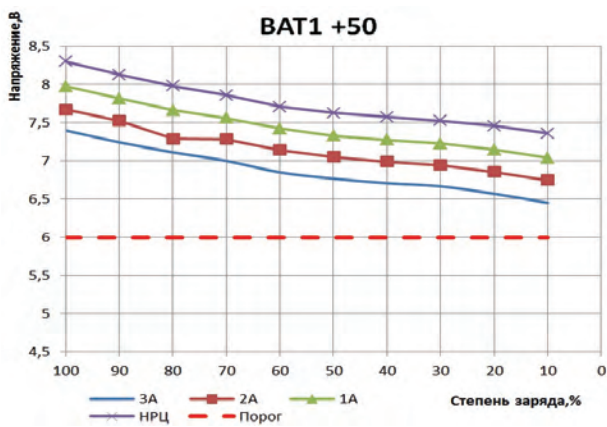


Рис. 6. Зависимость НРЦ и U_n от степени заряда при температуре +50 °C

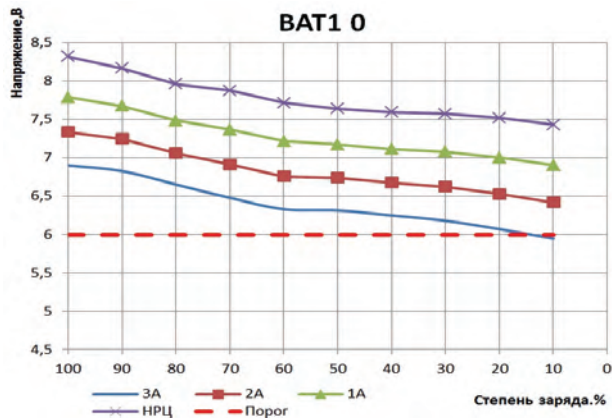


Рис. 7. Зависимость НРЦ и U_n от степени заряда при температуре 0 °C

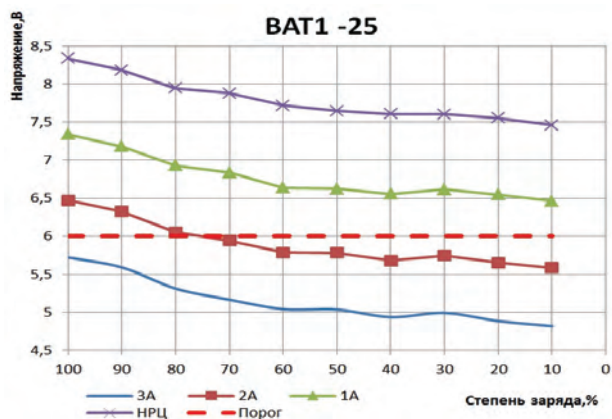


Рис. 8. Зависимость НРЦ и U_n от степени заряда при температуре -25 °C

На диаграмме (рис. 9) приведена типовая зависимость НРЦ батареи от остаточной емкости. Зависимость носит линейный характер и может быть использована для оценки состояния батареи по величине НРЦ.

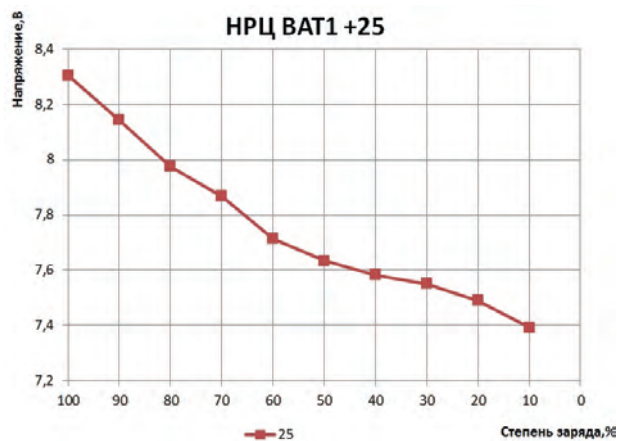


Рис. 9. Зависимость НРЦ батареи от степени заряда при температуре +25 °C

На диаграмме (рис. 10) приведена зависимость НРЦ батареи от остаточной емкости при различных

значениях температуры окружающей среды. При значениях остаточной емкости батареи 50 % от номинальной и менее, с уменьшением температуры окружающей среды отмечается незначительное увеличение НЦР батарей.

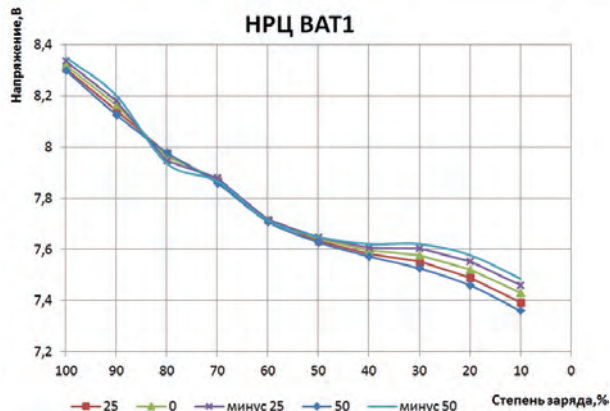


Рис. 10. Зависимость НРЦ батареи от степени заряда при различных температурах окружающей среды

Заключение

1. Подтверждены заявленные технико-эксплуатационные характеристики батареи 2ЛИА-4. Батарея работоспособна при номинальном разрядном токе в диапазоне температур от -25 до +50 °C. При токе разряда, превышающем номинальный, батарея работоспособна при положительных температурах.

2. В ходе исследований выявлено, что порог срабатывания защиты батареи составляет 2,5 В. При использовании батареи для питания нагрузки без контроля напряжения, возможно уменьшение ресурса батареи (количество циклов заряда – разряда) из-за глубокого (ниже допустимого значения) разряда батареи.

3. Работа батареи при критических температурах невозможна, при температуре -50 °C даже у полностью заряженной батареи при номинальном токе нагрузки напряжение падает ниже допустимого значения.

4. Характер зависимости НРЦ и U_n от степени заряда позволяют использовать эти параметры для определения состояния батареи. Предпочтительней использовать НРЦ, так как этот параметр менее зависит от температуры окружающей среды.

Литература

1. Таганова А. А., Бубнов Ю. И., Орлов С. В. Герметичные химические источники тока: Элементы и Аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации. Справочник. СПб.: 2005.
2. Хрусталева А. А. Аккумуляторы. М.: Изумруд, 2003.
3. Справочник Химические источники тока. Коровин Н. В. 2003.
4. Кедринский И. А., Яковлев В. Г. Li-ионные аккумуляторы. 2002.