

ВЛИЯНИЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЭЛЕКТРОДАХ КИСЛОТНОГО АККУМУЛЯТОРА НА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© 2016 г. А.И. УДАЛОВ

Московский технологический университет (МИРЭА)

Эксплуатационные характеристики химических источников тока, используемых для электропитания радиоэлектронных средств, в процессе эксплуатации могут изменяться вследствие обратимых и необратимых потерь емкости. На основании анализа изменений зарядных и разрядных характеристик аккумулятора, в сочетании с методом отклика на тестовый сигнал, кратковременный, но достаточно мощный, чтобы проявить особенности источника тока, можно обеспечить большие возможности для оценки его состояния. Для тестирования используют импульс постоянного тока, а также более сложной формы [1, 2, 3].

Напряжение химического источника тока при подаче зарядного импульса тока в общем виде может быть записано в виде уравнения

$$U = \text{НРЦ} + I \cdot R = \text{НРЦ} + I \cdot (R_{\Omega} + R_{\text{пол}}), \quad (1)$$

где I - ток импульса, R - полное сопротивление ХИТ, R_{Ω} - омическое сопротивление, определяемое сопротивлением токоподводящих деталей электродов, их активных масс и сопротивлением электролита, $R_{\text{пир}}$ - поляризационное сопротивление, отражающее скорость электрохимических реакций.

На рис. 1 представлены осциллограммы при пропускании зарядных (а) и разрядных (б) импульсов тока прямоугольной формы.

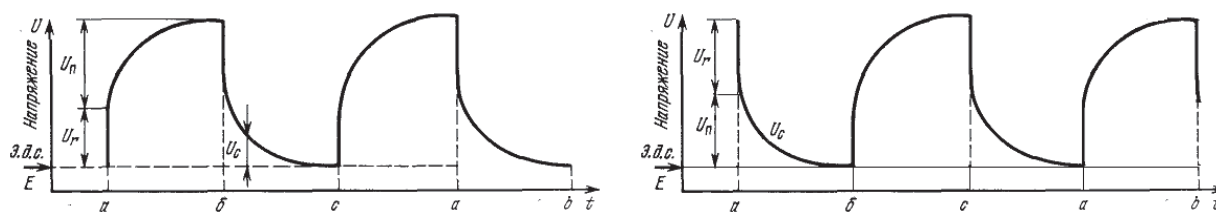


Рис. 1. Изменение напряжения на зажимах химического источника тока при пропускании зарядных (а) и разрядных (б) импульсов прямоугольной формы.

При регистрации отклика ХИТ на импульс постоянного тока можно разделить изменение напряжения за счет этих двух составляющих его полного сопротивления. На R_{Ω} происходит мгновенное изменение напряжения, $R_{\text{пол}}$ обеспечивает постепенное изменение напряжения ХИТ до его нового стационарного состояния.

На рис. 2 представлена графическая иллюстрация сложившегося представления о состоянии аккумуляторов [1, 2]. В каждом аккумуляторе есть область, не занятая энергией, есть область, занятая энергией, и есть область, непригодная для хранения энергии, которая увеличивается в объеме в процессе эксплуатации.

В аккумуляторах потери емкости классифицируют как обратимые и необратимые и возможности восстановления емкости связывают с наличием эффекта памяти. Если эффекта памяти нет, то можно не затрудняться проведением восстановительных

ми циклами, в то же время сульфатация кислотных аккумуляторов рассматривается несколько особо, для них процедура восстановления емкости обрабатывалась и в настоящее время этим аккумуляторам уделяется достаточно большое внимание, например, внедряют резонансные ионные технологии.

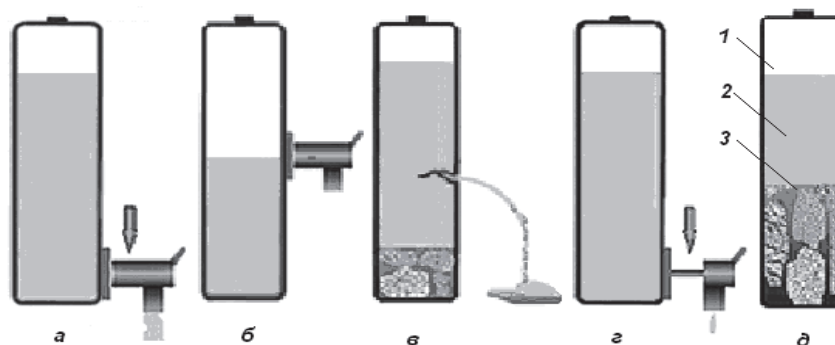


Рис. 2. Иллюстрация состояния химических источников тока: а) идеальный аккумулятор запасенную энергию может перенести в нагрузку за минимальное время; б) в аккумуляторе есть области, из которых энергия не может попасть в нагрузку; в) аккумулятор с повышенным саморазрядом; г) аккумулятор с высоким внутренним сопротивлением (импедансом) не способен отдавать запасенную в нем энергию в течение короткого промежутка времени и оборудование в этом случае отключается; д) 1 – область, не занятая энергией, 2 - область, занятая энергией, 3 - область, непригодная для хранения энергии, увеличивается в объеме в процессе эксплуатации.

На основании исследований, проводимых в МИРЭА по восстановлению емкости аккумуляторов, сформулировано понятие *ионной гидродинамической модели* аккумулятора [4, 5, 6]. В каждом аккумуляторе есть активная область, которая может принимать энергию и отдавать ее с большой скоростью, причем в зависимости от уровня заряда ее заполняют ионы, причем концентрация их определяет напряжение на выводах аккумулятора. Материал активной области может находиться в активированном и неактивированном состоянии.

Наряду с активной областью в аккумуляторе присутствует *область загущения*, которая представляется в виде пористой структуры, имеющей повышенное гидродинамическое сопротивление с активной областью, в этой области может находиться энергия, уровень которой при эксплуатационных режимах практически не изменяется, но при отключении нагрузки или зарядного устройства происходит выравнивание концентрации зарядов по всему объему аккумулятора, как в активной области, так и в области загущения. Наличие области загущения проявляется в аккумуляторах с большой потерей емкости после отключения нагрузки при разряде до минимально допустимой величины в виде значительного роста НРЦ. Так в стартерных аккумуляторах после разряда до 10,5 В НРЦ может превысить 12 В (рис. 3 [6]). Разрядная характеристика получена при ограничении минимального разрядного напряжения.

Ионная гидродинамическая модель аккумулятора не определяет место положения области загущения в аккумуляторе, для этого нужны дополнительные исследования. Так, у никель-кадмиевых аккумуляторов с ламельной конструкцией электродов активная масса находится внутри полостей с проводящими поверхностями, гальваническая связь активной массы электродов осуществляется через отверстия, величина этих отверстий не позволяет активной массе высыпаться за пределы ламели, размеры отверстий несколько экранируют активную массу, но незначительно.

Энергопотребляющие устройства будут выполнять возложенные на них функции при определенных величинах токов и напряжений, которые им должны обеспечивать источники питания. Аккумуляторные батареи состоят из последовательно и параллельно включенных элементов (банок), причем для нужного напряжения элементы включаются последовательно, для получения нужной величины токов они включаются

параллельно, но могут использовать сильноточные элементы с большим количеством параллельно соединенных положительных, а также и отрицательных пластин.

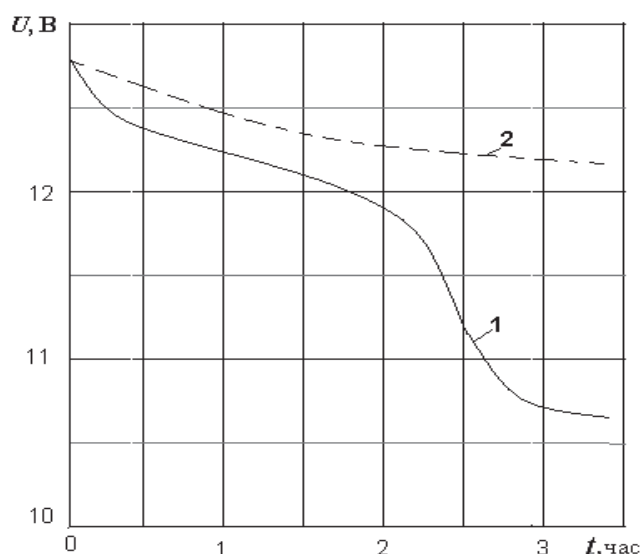


Рис. 3. Разрядная характеристика аккумулятора FORD. 52 Ач:
1 – напряжение на нагрузке, 2 – НПЦ. Ток разряда 2 А.

Пластины кислотных сильноточных (стартерных) аккумуляторов выполняются по намазной технологии, активная масса в них запрессовывается в ячейки решетчатого типа, что обеспечивает работу в сильноточном режиме за счет увеличенной площади контактных электропроводящих поверхностей. Ввиду этого кластерная классификация имеет вид [7]:

- последовательносоставная элементная,
- параллельносоставная элементная,
- параллельносоставная электродная,
- параллельносоставная ячеистая,
- параллельносоставная внутриячеистая.

Каждый вид кластеров конструктивного формата, образующийся в результате последовательного или параллельного соединения элементов и электродов в аккумуляторной батарее имеет соответствующее влияние на эксплуатационные характеристики. Различие емкостей отдельных элементов может вызывать у элементов с меньшими емкостями более раннее наступление кипения электролита и переплюсовку при переразряде при последовательном их соединении. Для обеспечения безопасности нужно защищать их от перезаряда и переразряда. При параллельном соединении элементов или электродов в элементах основную нагрузку будут нести элементы с большей емкостью, но опасность выхода из строя источника питания будет меньше.

Параллельное соединение ячеек на пластине проявляется так же, как и параллельное соединение элементов. Но в ячейках на пластинах кластеризация имеет другую форму проявления влияния на функционирование батареи.

Летние сильноточные стартерные разряды и последующие недозаряды вызывают появление средней формы сульфатации. Такая сульфатация легко снимается восстановительными циклами, и это восстановление было бы успешным, если бы оно проводилось бы перед наступлением зимы. Зимние запуски двигателя вызывают более длительные во времени и глубокие разряды, будет очень слабый подзаряд, а, следовательно, и недостаточное восстановление при перемещении по городу. Из за этого в каждой ячейке будет наблюдаться слоистая сульфатация с переменной плотность сульфата.

Поперечный срез по осевой линии ячейки по нормали к пластине, то без активной массы структура электрического поля будет иметь вид, представленный на рис. 4.

В центре каждой ячейки будут наблюдаться мертвые зоны, влияющие на образование в них более концентрированной сульфатации.

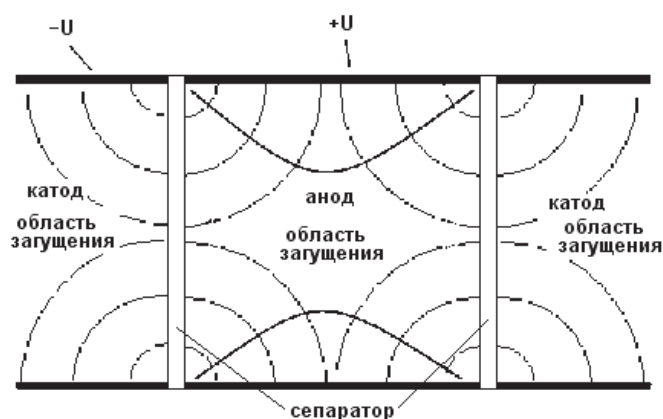


Рис. 4. Структура электрического поля по нормальному срезу через центр платин.

На начальном этапе при нормальной сульфатации влияния зон будет незначительным. Наличие активной массы будет всего лишь уменьшать величину напряженности электрического и магнитного полей. По мере роста толщины веретенообразного слоя сульфатации напряженность полей в этом объеме будут уменьшаться, объем массы электрода, воспринимающий уменьшающийся заряд, будет увеличиваться. Результатом будет запуск двигателя с несколько меньшим по величине начальным током и с резко сократившейся длительностью процесса запуска. Удаления сульфатации из этой мертвой зоны требует использования дорогостоящего оборудования и занимает длительное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секреты длительной работы аккумулятора. www.cadex.com
2. Аккумуляторы в мире портативных устройств. Руководство по аккумуляторам для неинженеров. Отрывок из книги 'Batteries in a Portable World' by Isidor Buchmann. Перевод Владимира Васильева. <http://beriled.biz/data/files/akkum.pdf>
3. Романов В.В., Хашев Ю.М. Химические источники тока. - 2-изд., перераб. и доп. - М.: Сов. радио, 1978. - 264 с, ил.
4. Удалов А.И. Ионная гидродинамическая модель аккумулятора: от модели к технологии восстановления емкости аккумулятора. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2014, Т.14, № 4, с. 52-55.
5. Удалов А.И. Адекватность ионной гидродинамической модели реальным процессам в аккумуляторах. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2015, Т.15, № 4, с. 67-71
6. Удалов А.И. О кластеризации в аккумуляторах. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2015, Т.15, № 4, с. 91-96.
7. Варыпаев В.Н., Дасоян М.А., Никольский В.А. Химические источники тока: Учеб. пособие для хим.-технол. спец. Вузов. - М.: Высш. шк, 1990. - 240 с.