

## АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕМКОСТИ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

© 2016 г. А.И. УДАЛОВ

Московский технологический университет (МИРЭА)

Свинцово-кислотные аккумуляторы - наиболее распространенные и широко применяемые на сегодняшний день аккумуляторы. По функциональному использованию их можно классифицировать как стационарные, буферные, тяговые, стартерные. В отдельных случаях они могут использоваться и комбинированно, например, автомобильные аккумуляторы работают как в стартерном, так и в буферном режимах.

В процессе эксплуатации емкость аккумуляторов уменьшается, свой внушительный вклад вносит сульфатация электродной массы, скорость падения емкости определяется как условиями эксплуатации, так и человеческим фактором.

Если крупные предприятия могут наладить систему обслуживания аккумуляторов, что позволяет их эксплуатировать до 10 лет, индивидуальные владельцы мало уделяют этой проблеме внимания, а часто эти мероприятия им недоступны. В городских условиях автомобильный аккумулятор постоянно находится в недозаряженном состоянии даже в теплое время года. Зимой запуск двигателя сопровождается сильным и длительным разрядом, который не компенсируется короткими зарядами при движении по городским улицам, что в свою очередь приводит к послойному росту сульфата свинца. Свежевыпавший слой сульфата легко растворяется при заряде, но зарядный процесс полностью не снимает его, застоявшийся слой сульфата имеет крупнокристаллическую структуру с диэлектрическими свойствами, практически не растворимыми электролитом при заряде. У владельцев автомобилей, не имеющих гаражей, практически нет возможностей обслуживать аккумуляторы в домашних условиях, нет и доступных сервисных служб в гаражных кооперативах. Срок службы аккумулятора в Москве 2-3 года, до 4-х лет служит аккумулятор на автомобиле с хорошей электроникой. Сейчас в Москве более 9 миллионов автомобилей, более 3 миллионов аккумуляторов в год подвергаются утилизации.

Уровень засульфатированности аккумулятора можно считать легким, т.е. легко-растворимым, или нормальным, средний характеризуется частичным растворением сульфата свинца, застарелая или ненормальная сульфатация заставляет отправлять аккумулятор на утилизацию. Конструкции современных автомобильных аккумуляторов не позволяют контролировать напряжение элементов батарей, не все аккумуляторы дают возможность проверять уровень и плотность электролита. Доступными для контроля состояния аккумулятора являются напряжение и ток на выводах аккумулятора, а также его результирующее внутреннее сопротивление.

Надежность функционирования стационарных, буферных и тяговых кислотных аккумуляторов обеспечивается сервисными службами, имеющими необходимое оборудование. У таких аккумуляторных батарей есть возможности контроля состояния каждого элемента, восстановление емкости может производиться поэлементно. Стартерные аккумуляторы для обеспечения больших токов разряда используют намазные пластины, для которых известные технологии восстановления емкости имеют ограниченное применение, если сульфатация классифицируется как застарелая (ненормальная).

В [1, 2] приводятся результаты работ по удалению сульфатации среднего уровня за счет проведения слаботочных контролируемых зарядных и разрядных процессов с учетом изменения напряжения, тока и плотности электролита. Зарядные и разрядные

токи выдерживались на уровне  $0,025 C$ , где  $C$  – емкость аккумулятора в Ач, разряд осуществлялся до напряжения  $1,75 В$ , заряд – до  $2,45 В$  на элемент. Заряд проводили до устойчивого кипения электролита в течении  $2...3$  часов при установившейся плотности электролита. При разряде измерялась емкость аккумулятора, процесс прекращался, когда емкость переставала увеличиваться. В дальнейшем процедура заряда была изменена - использовался заряд реверсивным током, при котором чередовались зарядные и разрядные режимы с подобранными интервалами времени.

Наилучшие результаты получаются в том случае, когда зарядный полупериод примерно в  $10...20$  раз превышает разрядный. При этом условия температура электролита, интенсивность газовыделения и время заряда - наименьшие, а емкость  $C$ , отдаваемая аккумуляторами, наибольшая. Оптимальные величины полупериодов для зарядного тока  $5$  мин, для разрядного  $24$  с. Соотношение абсолютных величин зарядного и разрядного токов равно  $I_{зар} / I_{разр} = 5$ . Установлено, что при систематических зарядах батарей асимметричным (реверсивным) током необратимая сульфатация отрицательных пластин не возникает, следовательно, отпадает необходимость в контрольно-тренировочных циклах.

Систематический заряд асимметричным током для автомобильных аккумуляторов практически недоступен. Когда владелец аккумулятора не может запустить двигатель в зимнее время, в аккумуляторе сульфатация уже ненормальная, приобретается новый аккумулятор, старый откладывается в угол гаража, если он есть, или сразу отправляется на утилизацию, а чаще выбрасывается.

На таких аккумуляторах, их можно называть «трусами», проводились исследования. Представление о состоянии аккумулятора дает напряжение разомкнутой цепи (НРЦ). Если после глубокого слаботокового разряда до напряжения  $10,5 В$  при отключении нагрузки НРЦ увеличивается, то его скорость роста и конечная величина дают представление о его состоянии. При застарелой сульфатации НРЦ превышает  $12 В$ .

Разработанная ионная гидродинамическая модель аккумулятора, основанная на анализе зарядно-разрядных характеристик [3], позволяет выделить в аккумуляторе активную область, которая может обеспечивать токи  $0,1 C$ , и область загущения, в которой могут быть законсервированы заряды, вызывающие рост НРЦ. В аккумуляторах категории «трупов» с паспортной емкости  $60 Ач$  активная область после зачистки реверсивными токами может составлять  $10...15 Ач$ . При этом при стабилизации максимальных и минимальных величин НРЦ будут наблюдаться длительные во времени процессы с токами в ту и другую стороны до  $2 А$ . Такие аккумуляторы могут длительное время эксплуатироваться, если их систематически подзаряжать при напряжении  $14,7 В$ . Они могут запускать двигатель, если длительность стартерного пуска небольшая.

Область загущения на модели представляет собой пористую структуру, расположенную между сепаратором и активной областью. Это частично справедливо для электродов без конструктивной кластеризации пластин, например, для литиевых аккумуляторов. Для кислотных аккумуляторов с намазными пластинами место расположения этой области требует дополнительных исследований, так как при разряде сульфат имеется и на положительных и на отрицательных пластинах.

Наиболее эффективный способ устранения застарелой сульфатации стационарных свинцовых аккумуляторов типа  $C$  и  $СК$ , разработанный сотрудником Центрального научно-исследовательского института связи Министерства связи СССР Б. А. Понтоковским, можно применять и для стартерных аккумуляторов.

Аккумулятор заряжают током  $0,2 C$ , после появления газовыделение ток снижают до  $0,05 C$ . После стабилизации напряжения и плотности электролита заряд прекращают на  $1$  час. Затем возобновляют зарядку тем же током и продолжают ее до тех пор, пока аккумулятор не «закипит» и напряжение не перестанет повышаться. После этого опять делают перерыв на  $1$  час и вновь заряжают тем же током. Число таких зарядок с перерывами обычно не превышает трех. Прекращают их тогда, когда аккумулятор при включении на заряд малым током начинает «кипеть» не позднее чем через  $2...3$  минуты, а напряжение его достигает величины, которая была в конце предыдущего дополнительного заряда.

По окончании зарядки начинают разряжать аккумулятор током, равным  $0,02 C$  до тех пор, пока напряжение не понизится до  $1,80 + 1,75$  в на каждой банке батареи.

После паузы 1...2 часа начинают заряд на режиме, описанном выше. Чем большую емкость потеряли аккумуляторы, тем большее число циклов «заряд - разряд» надо провести. Признаком того, что «лечение» закончено, может служить емкость, отдаваемая батареей при разряде малым током. Если она составляет примерно 125% номинальной емкости данного аккумулятора, то циклы можно прекратить и после заряда провести нормальный десятичасовой контрольный разряд. В зависимости от результатов последнего, либо пускают батарею в эксплуатацию (предварительно, конечно, зарядив ее), либо проводят еще несколько циклов.

Рассмотренный метод можно считать обобщающим для большого количества технологических решений, отличающихся несущественными различиями разряд-зарядных параметров.

Развитие вычислительной техники позволило передать ей ряд функций для управления проведением процессов восстановления емкости аккумуляторов, за счет чего появились возможности повысить качество восстановления характеристик электродных материалов. В [5] приводится описание устройство для восстановления аккумуляторной батареи. Компьютер с помощью датчиков тока, напряжения, температуры и плотности электролита получает информацию о состоянии аккумулятора на этапе предварительной диагностики, после сравнения с заданными характеристиками проводится управление процессом. Заряд аккумуляторной батареи путем пропускания через нее последовательности прямоугольных импульсов тока, длительность которых в зависимости от типа и состояния батареи устанавливается в пределах от 150 до 600 мсек, а пауза между импульсами составляет от 2 до 6 сек, при этом амплитуду прямоугольных импульсов тока поддерживают неизменной. Процесс заряда прекращают при достижении измеряемых величин значений параметров, определяющих окончание процесса заряда батареи. По окончании заряда процессор осуществляет измерение емкости батареи путем ее разряда. Разряд батареи прекращают при достижении значения напряжения батареи предельно допустимой величине, установленной для этой батареи, цикл восстановления аккумуляторной батареи повторяют вышеописанным способом, если емкость батареи составляет менее 80% от номинального значения.

Как показали проведенные физико-химические исследования наблюдаемых при реализации заявленного способа эффект восстановления обусловлен сложными процессами, протекающими в электролите и на электродах.

В частности, имеются все основания считать, как считает заявитель, что указанный эффект обусловлен совпадением частоты импульсов с частотой собственных частиц. Это совпадение колебаний в кислотных аккумуляторах ведет к тому, что частицы сульфата выбиваются в электролит, а оставшийся не токопроводящий материал осыпается, в результате чего электрод очищается от сульфатов на 100 %. Затем идет процесс обратного электролиза и высвободившиеся молекулы металла возвращаются на электроды. При этом происходит процесс превращения  $\alpha$  N модификации электрода в  $\beta$  - модификацию, что увеличивает Э.Д.С. электрода в 1,6 раза. Вследствие этого емкость кислотных аккумуляторов увеличивается в 2-4 раза. Указанное увеличение емкости следует отсчитывать от ее величины на момент начала процесса.

Имеются описания устройств восстановления емкости аккумуляторов, в которых используются импульсные источники тока, основанные на использовании эдс самоиндукции. В них импульсы токов заряда и разряда получают в виде пакета коротких импульсов, саму технологию называют резонансно-ионной. В [6] можно увидеть рабочие режимы устройства. Катушка индуктивности генератора и емкостное входное сопротивление аккумулятора образуют последовательный резонансный контур, перед началом работы компьютер путем изменения частоты следования импульсов определяет условия максимального тока заряда. Далее приводятся рабочие режимы: - импульс зарядного тока длительностью 800 мс при резонансной частоте следования импульсов; - пауза 12 мс; - небольшой разрядный импульс длительностью 8 мс; - пауза 180 мс.

Этот пакет повторяется до полного заряда аккумулятора, затем проводится контрольный разряд, на основании которого либо прекращают процесс, либо вносят в него коррекцию.

Можно заметить, что по сравнению с предыдущими устройствами появились паузы после каждого вида токов, в течении которых концентрации ионов и электронов будут выравниваться в соответствующих массах электродов. Смена направления тока

приводит к изменению знака градиента потенциала в материале пластин, молекулярные диполи меняют ориентацию, ослабляется их взаимосвязь, что повышает вероятность растворения сульфата кислотой электролита. Такую технологию называют резонансно-ионной, что неправомечно. В [6] приводится возможный частотный диапазон для сульфата свинца - обычные кислотные аккумуляторные батареи имеют резонансную ионную частоту, значение которой, как правило, находится в пределах 1-6 МГц.

Ниже приводятся рекламные пакеты некоторых фирм.

Технология ИВА [7] - это разновидность резонансно-ионной технологии. Основным принципом ее заключается в *обработке батареи импульсами электрического тока различной частоты, амплитуды и длительности*. ИВА измеряет напряжение и внутреннее сопротивление батареи и с помощью встроенного микропроцессора делает интеллектуальную оценку состояния батареи и вычисляет требуемые значения параметров импульсов.

Похожая реклама присутствует в [8], ООО «Научно – производственное объединение «Верверт» рекламирует технологию восстановления аккумуляторов.

На основании анализа можно утверждать, что есть технологии и аппаратура, с помощью которой можно успешно устранять сульфатацию в кислотных аккумуляторах. Эта аппаратура в основном применяется в организациях, имеющих системы бесперебойного питания, на электростанциях, на железнодорожном транспорте. Автолюбители в лучшем случае могут подзарядить подсевший аккумулятор, но часто не имеют для этого ни аппаратуры, ни условий. Сервисные службы также ограничены в предлагаемых услугах.

Ниже приведен возможный пример восстановления.

Зарядить аккумулятор до предела, не превышая предельных характеристик. Максимальное напряжение не должно превышать 14,7 В (2,45 В на банку). Заряд вести ступенчато, начиная с 0,1 С, при достижении предельного напряжения выдерживать паузу 1-2 часа, после чего продолжать заряд с током вдвое меньшей величины. При отсутствии в аккумуляторе саморазряда при токе 0,005 С после достижения предельного напряжения можно перейти к разряду.

Первый разряд провести током 0,1 С, зафиксировать разрядную емкость после достижения 10,8 В (1,8 В на банку). После отключения нагрузки выдержать паузу, когда НРЦ перестанет изменяться. Далее проводятся доразряды токами вдвое меньшей величины. Нижний предел тока разряда 0,005 С.

Указанную процедуру повторяют, фиксируя разрядную емкость. Признаком окончания восстановления служит постоянство разрядной емкости. Если есть возможность контроля плотности электролита, следует провести выравнивание плотности по банкам.

Указанная процедура может проводиться в рамках сервисных центров, автолюбители могут этим заниматься в гаражах при наличии соответствующего оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов В.В., Хашев Ю.М. Химические источники тока. М.: «Сов. Радио», 1968.
2. Романов В.В., Хашев Ю.М. Химические источники тока. - 2-изд., перераб. и доп. - М.: Сов. радио, 1978.
3. Удалов А.И. Ионная гидродинамическая модель аккумулятора: от модели к технологии восстановления емкости аккумулятора. *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*, 2012, Т. 12, №4, с. 46-49.
4. Как устранить застарелую сульфатацию пластин аккумуляторов. <http://roker.kiev.ua>
5. Устройство для восстановления аккумуляторной батареи. Описание полезной модели, формулы полезной модели, реферата и чертежей первой (приоритетной) заявки № 2006128784 на выдачу патента на полезную модель, поданной 8 августа 2006 года (08.08.2006). Патентообладатель Тюхтин Константин Иванович.
6. Джон Бедни и Том Берден. Генерация свободной энергии. Схемы и демонстрации. [www.cheniere.org](http://www.cheniere.org)
7. Технология ИВА. <http://www.10charge.com>
8. Восстановление аккумуляторов. Фирма «Верверт». Резонансные технологии. <http://www.ververt.com.ua/ru/about.html>