

Аккумуляторы в мире портативных устройств. Руководство по аккумуляторам для неинженеров.

Отрывок из книги "Batteries in a Portable World" by Isidor Buchmann.
Перевод Владимира Васильева

Оглавление

Используемые термины и соглашения	1
Аккумуляторы	1
Зарядные устройства	6
Анализаторы аккумуляторов	6
Типы аккумуляторов и методы их заряда	6
Никель-кадмиевые аккумуляторы	6
Никель-металлгидридные аккумуляторы	7
Методы заряда Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов	9
Литий-ионные (Li-Ion) аккумуляторы	13
Заряд литий-ионных (Li-ion) аккумуляторов	15
Литий-полимерные аккумуляторы	17
Хранение аккумуляторов	19
Аккумуляторы для мобильных устройств - зарядные устройства	22
Аккумуляторы для мобильных устройств - эффект памяти	25
Аккумуляторы для мобильных устройств - оценка состояния	30
Оценка состояния аккумулятора потребителем	30
Профессиональная оценка состояния аккумулятора	32
О восстановлении аккумуляторов	35
Основные преимущества анализатора Cadex 7000 по сравнению с другими:	36

Используемые термины и соглашения

Аккумуляторы

Аккумулятор (от лат. accumulator — собиратель), устройство для накопления энергии с целью ее последующего использования. Электрический аккумулятор преобразует электрическую энергию в химическую и по мере надобности обеспечивает обратное преобразование; используют как автономный источник электроэнергии

Аккумулятор, как электрический прибор, характеризуется следующими основными параметрами: электрохимической системой, напряжением, электрической емкостью, внутренним сопротивлением, током саморазряда и сроком службы. А его состояние оценивается по совокупности значений трех его основных характеристик: реальной емкости, внутреннего сопротивления и тока саморазряда. При недооценке или игнорировании какого-либо из этих параметров или преувеличении важности одного из них (как правило, емкости) можно оказаться в ситуации "у разбитого корыта".

По электрохимической системе в настоящее время для питания портативных устройств и оборудования наиболее широко распространены свинцово-кислотные SLA аккумуляторы, никель-кадмиевые (NiCd), никель-металлгидридные (NiMH) и литий-ионные (Li-ion). Начинают появляться литий-полимерные (Li-Pol) аккумуляторы.

По конструкции аккумулятор для сотового телефона представляет собой пластмассовый корпус, в который помещены один или несколько элементов (см. Рис.1), соединенных последовательно, как правило, со схемой управления.

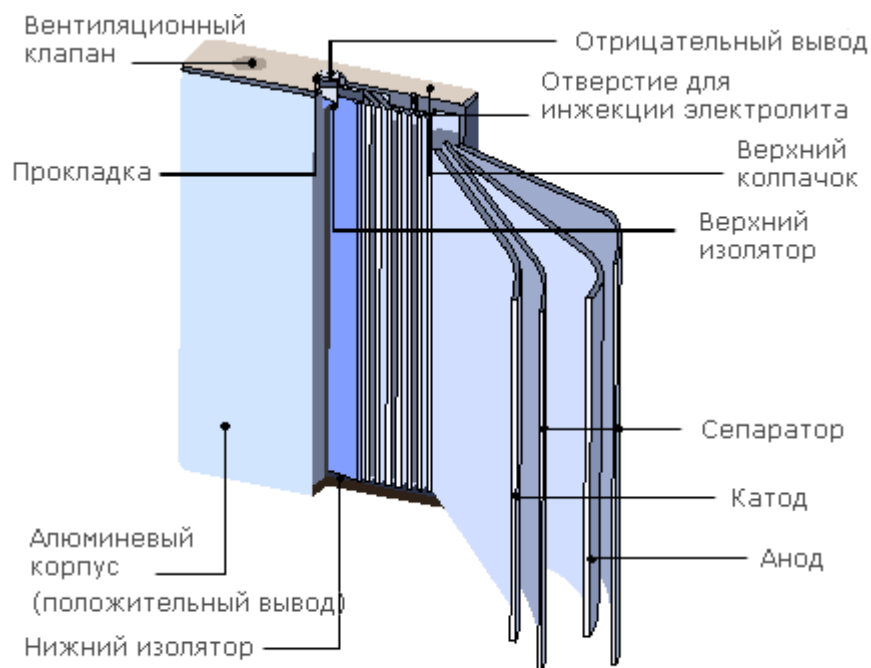


Рис.1 Конструкция Li-ion элемента (не аккумулятора).

Непосредственно в элементах запасается электрическая энергия при заряде. От их качества зависит и качество аккумулятора. Схема управления обеспечивает управление процессом заряда и разряда, а в некоторых случаях дополнительно идентификацию аккумулятора. В NiMH аккумуляторах схема управления содержит минимум пассивных электрорадиоэлементов, в Li-ion и Li-polymer – она может содержать и микроконтроллер.

Напряжение аккумулятора определяется тем устройством, для питания которого он предназначен. Если требуемое значение напряжения не обеспечивается одним элементом, то аккумулятор собирается из нескольких элементов, соединенных последовательно. Так например, для питания сотовых телефонов используются аккумуляторы с номинальным значением напряжения 2.4 В (2 NiMH элемента по 1.2 В), 3.6 В (1 Li-ion элемент или 3 NiMH элемента по 1.2 В), 4.8 В (4 NiMH элемента по 1.2 В), 6.0 В (5 NiCd или NiMH элемента по 1.2 В), 7.2 В (2 Li-ion элемента или 6 NiCd или NiMH элементов по 1.2 В).

Номинальная емкость аккумулятора - это количество электрической энергии, которой аккумулятор теоретически должен обладать в заряженном состоянии. Количество энергии определяется при разряде аккумулятора постоянным током в течение измеряемого промежутка времени до момента достижения заданного порогового напряжения. Измеряется в ампер-часах (А*час) или миллиампер-часах (mA*час). Ее значение указывается на этикетке аккумулятора или зашифровано в обозначении его типа. Практически эта величина колеблется от 80 до 110% от номинального значения и зависит от большого числа факторов: от фирмы-изготовителя, условий и срока хранения, от технологии ввода в эксплуатацию, технологии обслуживания в процессе эксплуатации, используемых зарядных устройств, условий и срока эксплуатации и т.д. Теоретически аккумулятор номинальной емкостью 600 мА*час может отдавать ток 600mA в течение одного часа, 60 мА в течение 10 часов, или 6mA в течение 100 часов. Практически же, при высоких значениях тока разряда номинальная емкость никогда не достигается, а при низких токах превышает. Для примера на Рис. 2 приведены типовые характеристики разряда Li-ion и Li-polymer элементов при различных токах разряда.

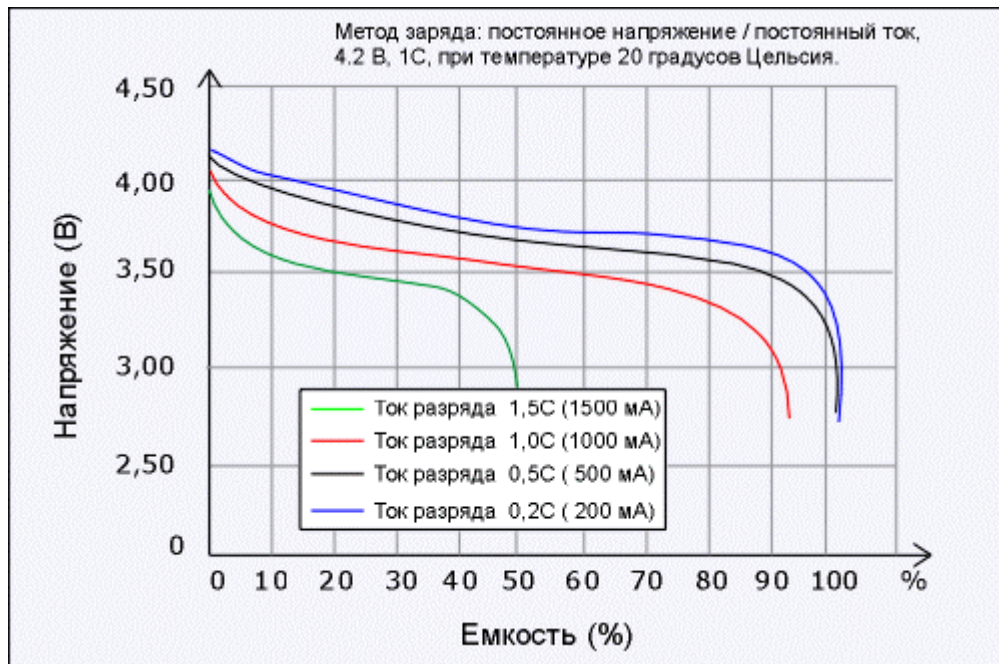


Рис. 2 Типовые характеристики разряда Li-ion и Li-polymer элементов

Номинальное значение емкости аккумулятора часто обозначается буквой “С”, поэтому здесь и далее часто встречаются ссылки, подобные следующим: С, 1/10 С или С/10.

Когда говорят о разряде аккумулятора, равном 1/10 С, это означает разряд током, величина которого равна десятой части от величины номинальной емкости аккумулятора. Так например, для аккумулятора емкостью 600 мА*час это будет разряд током $600/10 = 60\text{mA}$.

Подобно вышесказанному о разряде аккумуляторов, при заряде значение 1/10 С означает заряд током, равным десятой части заявленной емкости аккумулятора.

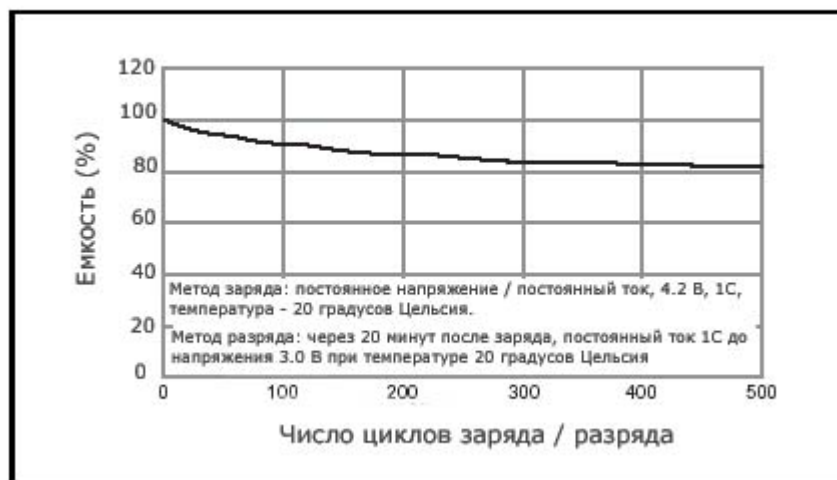
Внутреннее сопротивление аккумулятора, измеряемое в миллиомах (мОм, mOm), - это хранитель аккумулятора и в значительной степени определяет длительность его работы. При более низком внутреннем сопротивлении, аккумулятор может отдать в нагрузку больший пиковый ток, а значит и большую пиковую мощность. Высокое значение сопротивления делает аккумулятор 'мягким' и приводит к резкому уменьшению напряжения при резком увеличении тока нагрузки. Такой коллапс напряжения характеризует 'слабость' внешне хорошего аккумулятора, потому что запасенная энергия не может быть полностью выдана в нагрузку (вспомните закон Ома, примеч. переводчика). С другой стороны, 'крепкий' аккумулятор с низким внутренним сопротивлением отдает почти всю свою энергию в нагрузку. Внутреннее сопротивление аккумулятора зависит от емкости элемента и числа элементов в аккумуляторе, соединенных последовательно. Измеряется внутреннее сопротивление аккумуляторов на специальных приборах - анализаторах аккумуляторов, например, типа Cadex C7000.

Примерные значения внутреннего сопротивления для аккумуляторов различных электрохимических систем для сотовых телефонов при напряжении аккумулятора 3.6 В приведены в таблице :

Тип аккумулятора	Внутреннее сопротивление (миллиОм)	
	Новый	К концу срока эксплуатации
NiCd	50 - 100	300 max
NiMH	50 - 200	300 max
Li-ion	100 - 250	300 max

Явление саморазряда характерно в большей или меньшей степени для всех типов аккумуляторов и заключается в потере ими своей емкости после того, как они были полностью заряжены. Для количественной оценки саморазряда удобно использовать величину потерянной ими за определенное время емкости, выраженную в процентах от значения, полученного сразу после заряда. За промежуток времени, как правило, принимается интервал времени, равный одним суткам и одному месяцу. Так, например, для исправных NiCd аккумуляторов считается допустимым саморазряд до 10% в течение первых 24 часов после окончания заряда, для NiMH - немного больше, а для Li-ion пренебрежимо мал и оценивается за месяц. Следует отметить, что саморазряд аккумуляторов максимален именно в первые 24 часа после заряда, а затем значительно уменьшается. Так NiCd аккумуляторы за месяц могут потерять до 20% емкости, NiMH - до 30% и Li-ion до 8% от своей емкости. Величина саморазряда аккумулятора в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. Так, при повышении окружающей температуры на 10 градусов по отношению с комнатной возможно увеличение саморазряда в два раза.

Срок службы (срок эксплуатации) аккумулятора характеризуется количеством циклов заряда /разряда, которое он выдерживает в процессе эксплуатации без значительного ухудшения своих параметров: емкости, саморазряда и внутреннего сопротивления. Срок службы зависит от методов заряда, глубины разряда, процедуры обслуживания или его отсутствия, температуры и химической природы аккумулятора. Информация о степени влияния различных факторов на срок службы приведена на сайте компании Motorola Energy Systems Group <http://www.motorola.com/ies/ESG/testlab/article1.htm> . Кроме того, срок службы аккумулятора определяется временем, прошедшим со дня изготовления, особенно для Li-ion аккумуляторов. Аккумулятор, как правило, считается вышедшим из строя после уменьшения его емкости до 60 - 80 % от номинального значения. Для примера ниже на графике приведена типовая зависимость количества циклов заряда / разряда для Li-ion аккумулятора при нормальных условиях.



В силу различных причин отдельные элементы в аккумуляторе могут иметь различную емкость и напряжение, что может отрицательно сказаться на его эксплуатационных параметрах.

NiCd и в меньшей степени NiMH аккумуляторы подвержены воздействию эффекта памяти.

Эффект памяти - это обратимая потеря ёмкости, вызванная укрупнением кристаллических образований активного вещества аккумулятора и тем самым уменьшением площади его активной поверхности. Часто на эффект памяти списывают потерю емкости, вызванную неправильной эксплуатацией и (или) неправильным обслуживанием аккумуляторов.

Плотность энергии (Energy Density) - еще одна важная характеристика аккумулятора, по которой часто производят сравнение аккумуляторов различных электрохимических систем. Измеряется она в Вт*час/килограмм массы батареи. Наибольшая плотность энергии у литий-полимерные батарей (150-200 Вт*час/кг), несколько уступают им литий-ионные батареи (100-150 Вт*час/кг), а никель-металл-гидридные батареи едва дотягивают до плотности энергии 60-80 Вт*час/кг. У никель-кадмиевых - от 40 до 60 Вт*час/кг, а у свинцово-кислотных около 30 Вт*час/кг. Отсюда можно сделать вывод: наименьшими размерами и весом при одинаковой емкости

обладают литий-полимерные и литий-ионные батареи, несколько большими - никель-металлогидридные, еще больше - никель-кадмиевые, и уж самые громоздкие - свинцово-кислотные.

Восстановление NiCd и NiMH аккумуляторов - процесс с физической точки зрения обратный эффекту памяти - разукрупнение кристаллических образований до мелкодисперсной структуры путем контролируемого разряда небольшим током до напряжения 0.4 вольта на элемент по специальному алгоритму и на специальных приборах - анализаторах аккумуляторов, например, типа Cadex 7000.

Условия эксплуатации аккумуляторов определяются условиями эксплуатации элементов, которые находятся внутри аккумулятора. Для различных типов элементов разных производителей эти условия различны. Отличия заключаются в способности работы элементов в области минусовых температур и в температурных условиях для быстрого заряда. Ниже приведены типовые данные для NiMH и Li-ion аккумуляторов.

NiMH аккумуляторы:

Стандартный заряд: 0°C ... +45°C.

Быстрый заряд: 5°C ... +40°C.

Разряд: -20°C ... +60°C (у некоторых производителей -10°C ... +60°C)..

Хранение: -20°C ... 35°C (в течение 1 года).

Хранение: -20°C ... 45°C (в течение 180 дней).

Хранение: -20°C ... 55°C (в течение 30 дней).

Хранение: -20°C ... 65°C (в течение 7 дней).

Li-ion и Li-polymer аккумуляторы:

Быстрый заряд: 5°C ... +40°C.

Разряд: -20°C ... +60°C (у некоторых производителей -10°C ... +60°C).

Хранение: -20°C ... 25°C (в течение 1 года).

Хранение: -20°C ... 45°C (в течение 90 дней).

Хранение: -20°C ... 60°C (в течение 30 дней).

Градации аккумуляторов по качеству исполнения

А известно ли вам, что производители подразделяют элементы, которые устанавливаются внутри аккумулятора на три класса по качеству? Никто не пишет об этом и вы никогда не найдете упоминание классе используемых в аккумуляторе элементов на этикетке. Восполним этот пробел и поясним чем элементы класса А отличаются от элементов класса В и С.

Качественно подразделение элементов на классы можно охарактеризовать следующим образом:

Класс «А» – элементы наивысшего качества

Класс «В» («AL») – элементы с пониженной емкостью

Класс «С» – элементы с низким напряжением, низкой емкостью, повышенным внутренним сопротивлением, дефектами внешнего вида, и другими недостатками.

А количественные характеристики приведены в таблице. Впрочем, тут надо отметить, что у разных производителей границы различий элементов между классами могут отличаться в ту или иную сторону.

Класс «А»	Класс «В» («AL»)	Класс «С» («В»)
Гарантия 12 месяцев	Гарантия 6 месяцев	Гарантия 1-3 месяца
Процент брака <= 0.5%	Процент брака <= 3%	Процент брака <= 20%
Уровень безопасности =100%	Уровень безопасности =100%	Уровень безопасности <= 90%
емкость <= 100%, после 500 циклов заряда-разряда емкость составляет не менее 80 %	емкость <= 80%, после 500 циклов заряда-разряда емкость составляет не менее 50 %	Количество циклов заряда-разряда <= 300

Зарядные устройства

Зарядные устройства можно классифицировать по типу заряжаемых аккумуляторов, по методу заряда и по конструктивному исполнению.

В соответствии с тремя основными методами заряда существует и три основных типа зарядных устройств:

1. Стандартное (ночное) зарядное устройство – заряд постоянным током, равным 1/10 от величины номинальной емкости аккумулятора, в течение примерно 15 часов.
2. Быстрый зарядное устройство - заряд постоянным током, равным 1/3 от величины номинальной емкости аккумулятора в течение примерно 5 часов. Такие зарядные устройства снабжаются устройством разряда аккумулятора.
3. Ускоренный или дельта V (D V) заряд – заряд с начальным током заряда, равным величине номинальной емкости аккумулятора, при котором постоянно измеряется напряжение на аккумуляторе и заряд заканчивается после того, как аккумулятор полностью заряжен. Время заряда примерно 1 час. Прекращение заряда основано на регистрации отрицательного перепада (спада) напряжения (Negative Delta V - NDV), появляющегося в герметичных NiCd и NiMH батареях при достижении ими состояния полного заряда. В NiMH этот спад меньше по величине, чем в NiCd, и потому используется в совокупности с другими методами для прекращения режима быстрого заряда NiMH батареи.

Анализаторы аккумуляторов

В отличие от зарядного устройства анализатор аккумуляторов - это прибор, специально разработанный для проведения технического обслуживания различных типов аккумуляторов и обеспечивающий:

1. Оптимальный разряд и заряд аккумуляторов в соответствии с рекомендациями их изготовителей.
2. Количественную оценку емкости и других параметров аккумуляторов.
3. Восстановление потерянной в результате эксплуатации номинальной емкости NiCd и NiMH аккумуляторов.
4. Одновременное, независимое обслуживание аккумуляторов различных типов.

Типы аккумуляторов и методы их заряда

Никель-кадмиевые аккумуляторы

Технология изготовления щелочных никелевых аккумуляторов была предложена в 1899, когда Waldmar Jungner изобрел первый никель-кадмиевый аккумулятор (NiCd). Используемые в них материалы были в то время дороги, и их применение было ограничено специальной техникой. В 1932 внутри пористого пластинчатого никелевого электрода были введены активные материалы, а с 1947 начались исследования герметичных NiCd аккумуляторов, в которых внутренние газы, выделяющиеся во время заряда, рекомбинировали внутри, а не выпускались наружу как в предыдущих вариантах. Эти усовершенствования привели к современному герметичному NiCd аккумулятору, который и используется сегодня.

В настоящий момент NiCd аккумуляторы по-прежнему остаются наиболее популярными для электропитания переносных радиостанций, медицинского оборудования, профессиональных видеокамер, регистрирующих устройств и мощных инструментов. Так свыше 50 % всех аккумуляторов для переносного оборудования - NiCd. Появление более новых по электрохимической системе аккумуляторов хотя и привело к уменьшению использования NiCd аккумуляторов, однако, выявление недостатков новых видов аккумуляторов привело к возобновлению интереса к NiCd аккумуляторам.

Вот некоторые отличительные преимущества NiCd аккумуляторов над аккумуляторными другими типов:

- Быстрый и простой метод заряда.

- Большое число циклов заряда / разряда (при правильном обслуживании NiCd аккумулятор выдерживает свыше одной тысячи циклов заряда / разряда).
- Превосходная нагрузочная способность, даже при низких температурах (NiCd аккумулятор можно перезаряжать при низких температурах).
- Простое хранение и транспортировка (NiCd аккумуляторы принимаются большинством воздушных грузовых компаний).
- Легкое восстановление после понижения емкости и длительного хранения.
- Малая чувствительность к неправильной эксплуатации.
- Низкая цена.
- Доступность в широком диапазоне типоразмеров.

NiCd аккумулятор подобен сильному и молчаливому работнику, который интенсивно трудится и при этом не доставляет больших хлопот. Для него предпочтителен быстрый заряд по сравнению с медленным и импульсный заряд по сравнению с зарядом постоянным током. Улучшение эффективности достигается распределением импульсов разряда между импульсами заряда. Этот метод заряда, обычно называемый реверсивным, поддерживает высокую площадь активной поверхности электродов, тем самым, увеличивая эффективность и срок эксплуатации аккумулятора. Реверсивный заряд также улучшает быстрый заряд, т.к. помогает рекомбинации газов, выделяющихся во время заряда. В результате – аккумулятор меньше нагревается и более эффективно заряжается по сравнению со стандартным методом заряда постоянным током.

Другая важная проблема, которая решается при использовании реверсивного заряда, это уменьшение кристаллических образований в элементах аккумулятора, что повышает эффективность и продлевает срок его эксплуатации. Исследования, проведенные в Германии, показали, что реверсивный заряд добавляет около 15 % к сроку службы NiCd аккумулятора.

Для NiCd аккумуляторов вредно нахождение в заряженном устройстве в течение нескольких дней. Фактически, NiCd аккумуляторы – это единственный тип аккумуляторов, который выполняет свои функции лучше всего, если периодически подвергается полному разряду. Все остальные разновидности аккумуляторов по электрохимической системе предпочитают неглубокий разряд. Итак, для NiCd аккумулятора важен периодический полный разряд, и если он не производится, NiCd аккумуляторы постепенно теряют эффективность из-за формирования больших кристаллов на пластинах элемента, явления, называемого эффектом памяти.

Примечание переводчика: Среди недостатков NiCd аккумулятора - необходимость периодической полной разрядки для сохранения эксплуатационных свойств (устранения эффекта памяти), высокий саморазряд (до 10 % в течение первых 24-х часов) и большие габариты по сравнению с аккумуляторами других типов. Кроме того, аккумулятор содержит кадмий и требует специальной утилизации. В ряде скандинавских стран по этой причине уже запрещен к использованию. Из-за больших габаритов и проблем с утилизацией NiCd аккумулятор постепенно покидает рынок сотовых телефонов.

Никель-металлгидридные аккумуляторы

Исследования в области технологии изготовления NiMH аккумуляторов начались в семидесятые годы и были предприняты как попытка преодоления недостатков никель-кадмиевых аккумуляторов. Однако применяемые в то время металл-гидридные соединения были нестабильны и требуемые характеристики не были достигнуты. В результате разработка NiMH аккумуляторов замедлилась. Новые металл-гидридные соединения, достаточно устойчивые для применения в аккумуляторах, были разработаны в 1980. Начиная с конца восьмидесятых годов,

NiMH аккумуляторы постоянно улучшались, главным образом по плотности запасаемой энергии. Их разработчики отмечали, что для NiMH технологии имеется потенциальная возможность достижения еще более высоких плотностей энергии.

Некоторые отличительные преимущества современных NiMH аккумуляторов:

- на 30 - 50 % большая емкость по сравнению со стандартными NiCd аккумуляторами.
- меньшая склонность к эффекту памяти, чем у NiCd. Периодические циклы восстановления должны выполняться реже. (Смотри примечание в конце статьи).
- меньшая токсичность. NiMH технология считается экологически чистой.

К сожалению, NiMH аккумуляторы имеют недостатки и по некоторым параметрам проигрывают NiCd.

Например:

Число циклов: число циклов заряда / разряда для NiMH аккумуляторов примерно равно 500. Предпочтителен скорее поверхностный, чем глубокий разряд. Долговечность аккумуляторов непосредственно связана с глубиной разряда. (Смотри примечание в конце статьи).

Быстрый заряд: NiMH аккумулятор по сравнению с NiCd выделяет значительно большее количество тепла во время заряда и требует более сложного алгоритма для обнаружения момента полного заряда, если не используется контроль по температуре. (Большинство NiMH аккумуляторов оборудовано внутренним температурным датчиком для получения дополнительного критерия обнаружения полного заряда). Кроме того, NiMH аккумулятор не может заряжаться так быстро, как NiCd; время заряда - обычно вдвое больше, чем у NiCd. Плавающий заряд должен быть более контролируемым, чем для NiCd аккумуляторов.

Ток разряда: рекомендуемый ток разряда для NiMH аккумуляторов значительно меньше, чем для NiCd. Так изготовители рекомендуют ток нагрузки от 0.2C до 0.5C (от одной пятой до половины номинальной емкости). Этот недостаток не критичен, если требуемый ток нагрузки низок. Для применений, требующих высокого тока нагрузки или имеющих импульсную нагрузку, типа переносных радиостанций и мощных инструментов, рекомендуются NiCd аккумуляторы.

Саморазряд: И для NiMH и для NiCd аккумуляторов характерен приемлемо высокий саморазряд. NiCd аккумулятор теряет около 10 % своей емкости в течение первых 24 часов, после чего саморазряд укладывается примерно в 10 % в месяц. Саморазряд NiMH аккумуляторов - в 1.5-2 раза выше, чем у NiCd. Применение гидридных материалов, улучшающих связывание водорода для уменьшения саморазряда, обычно приводит к уменьшению емкости аккумулятора.

Емкость: емкость NiMH аккумуляторов примерно на 30 % больше емкости стандартного (не очень высокой емкости) NiCd аккумулятора того же размера. NiCd элементы очень высокой емкости обеспечивают уровень емкости, близкий к емкости NiMH. (NiCd аккумуляторы очень высокой емкости не могут обеспечивать большой ток нагрузки, как стандартные NiCd аккумуляторы. Они также имеют меньшее количество циклов заряда / разряда, однако большее, чем NiMH аккумуляторы).

Цена: цена NiMH аккумуляторов приблизительно на 30 % выше, чем NiCd. Однако цена не главная проблема, если пользователю требуется большая емкость и небольшие габариты. Для сравнения, NiCd элементы очень высокой емкости только немного выше по цене стандартных NiCd элементов. По отношению емкость / стоимость, NiCd аккумуляторы очень высокой емкости - более экономичны, чем NiMH.

Примечание переводчика: Хочу отметить, что технология изготовления NiMH аккумуляторов постоянно совершенствуется. Например, фирма GP Batteries International Limited (www.gpbatteries.com.hk/cgi-bin/cellular/), изготавливает NiMH аккумуляторы для сотовых телефонов фирмы Motorola Micro Tasc **. В сопроводительной этикетке на аккумуляторы указаны

следующие параметры: количество циклов разряда /заряда - 1000, отсутствие эффекта памяти и необходимости разряда аккумулятора перед зарядом. Словом, параметры более чем привлекательны. И что интересно это первый случай, когда изготовитель указывает количество циклов разряда /заряда для своего аккумулятора.

Методы заряда Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов

Существует много различных методов заряда NiCd или NiMH аккумуляторов. Но все их можно разделить на 4 основные группы:

- - **стандартный заряд** – заряд постоянным током, равным $1/10$ от величины номинальной емкости аккумулятора, в течение примерно 15 часов.
- - **быстрый заряд** - заряд постоянным током, равным $1/3$ от величины номинальной емкости аккумулятора в течение примерно 5 часов.
- - **ускоренный или дельта V заряд** – заряд с начальным током заряда, равным величине номинальной емкости аккумулятора, при котором постоянно измеряется напряжение на аккумуляторе и заряд заканчивается после того, как аккумулятор полностью заряжен. Время заряда примерно 1 час.
- - **реверсивный заряд** – импульсный метод заряда, при котором короткие импульсы разряда распределяются между длинными зарядными импульсами.

Несколько слов о терминологии. Емкость аккумулятора часто обозначается буквой "С", и Вы часто будете видеть ссылки подобные $1/20 C$ или $C/20$. Когда говорят о разряде, равном $1/10 C$, то это означает разряд током, равным десятой части от величины номинальной емкости аккумулятора. Так например, для аккумулятора емкостью $600 \text{ mA}\cdot\text{час}$ это будет разряд током $600/10 = 60 \text{ mA}$. Теоретически аккумулятор емкостью $600 \text{ mA}\cdot\text{час}$ может отдавать ток 600 mA в течение одного часа, 60 mA в течение 10 часов, или 6 mA в течение 100 часов. Практически же, при высоких значениях тока разряда номинальная емкость никогда не достигается, а при низких токах превышает.

Аналогично при заряде аккумуляторов, значение $1/10 C$ означает заряд током, равным десятой части заявленной емкости аккумулятора. Медленный заряд в $1/10 C$ - обычно безопасен для любого аккумулятора.

Стандартный (или медленный) метод заряда.

Этот метод подразумевает заряд током приблизительно равным 50 mA (для AA элементов) в течение 15 часов. При таком токе, диффузия кислорода более чем достаточна, чтобы предпринимать какие-либо меры для уменьшения тока после достижения полного заряда. Безусловно, что в этом случае существует риск получить уменьшение напряжения при перезаряде.

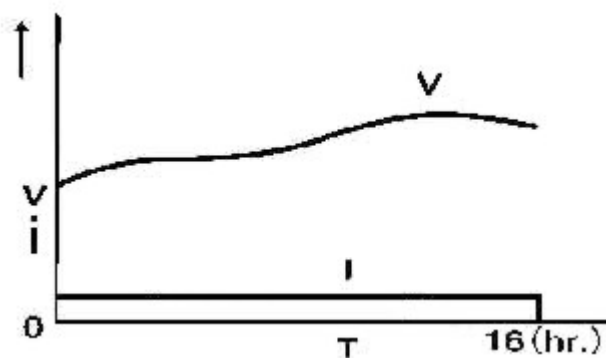


Рисунок 1

На графике (Рис.1) ток заряда поддерживается постоянно равным 0.1С в течение 16 часов. Во время заряда наблюдается повышение напряжения на элементе аккумулятора. (По окончании заряда и при перезаряде напряжение начинает уменьшаться. Примеч. Переводчика.)

Следует отметить, что NiCd и NiMH аккумуляторы всегда заряжаются постоянным током, в отличие от свинцово-кислотных, которые заряжаются при постоянном напряжении.

Метод быстрого заряда.

Разновидностью медленного заряда является метод быстрого заряда, при котором используется ток заряда от 0.3 до 1.0С. В этом случае существенно важно, чтобы аккумулятор был полностью разряжен перед зарядом, так что такие зарядные устройства часто начинают заряд с цикла разряда для того, чтобы зарядить аккумулятор до его максимальной емкости.

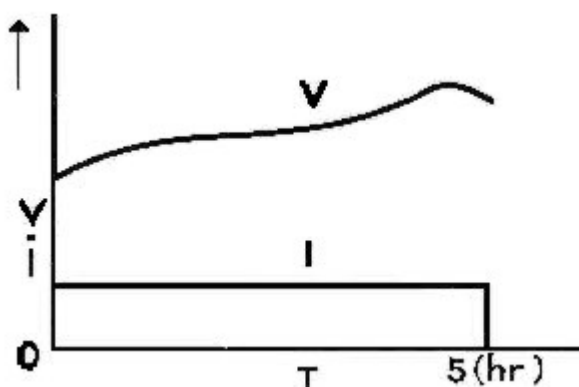


Рисунок 2

На графике (Рис.2) заряд током в 1/3 С поддерживался от 4 до 5 часов. Этот метод заряда имеет тенденцию к перегреву аккумулятора, особенно при заряде током близком к 1 С.

Метод D V заряда.

Наилучший метод заряда NiCd и NiMH аккумуляторов - так называемый метод дельта V (метод измерения изменения напряжения). Если измерять напряжение на выводах элемента в течение заряда постоянным током, то можно заметить, что напряжение медленно повышается во время заряда. В точке полного заряда, напряжение на элементе будет кратковременно уменьшаться. Величина уменьшения небольшая, примерно 10 mV на элемент для NiCd и меньше для NiMH, но явно выражена. Метод дельта V заряда почти всегда сопровождается измерением температуры, что обеспечивает дополнительный критерий оценки степени заряда аккумулятора (а для верности зарядные устройства для больших аккумуляторов высокой емкости обычно имеют кроме этого и таймеры безопасности).

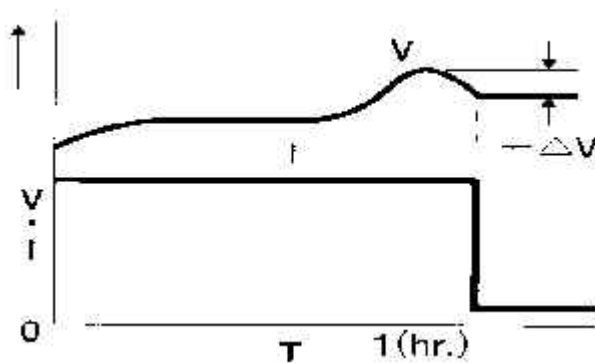


Рисунок 3

На графике (Рис.3) использовался ток заряда равный 1 С и после достижения полного заряда, ток заряда уменьшился до 1/30 ... 1/50 С для компенсации явления саморазряда аккумулятора.

Существуют электронные схемы, разработанные специально для реализации метода дельта V заряда. Например MAX712 и 713. Реализация этого метода более дорога, чем другие, но дает хорошо воспроизводимые результаты.

Следует отметить, что в аккумуляторе с хотя бы одним плохим элементом из цепочки последовательно соединенных, метод дельта V заряда может не работать и привести к разрушению остальных элементов, поэтому необходимо быть осторожным.

Другой экономичный путь обнаружения момента полного заряда аккумулятора заключается в измерении температуры элемента. Температура элемента резко повышается при достижении полного заряда. И когда она повысится на 10° С или значительно выше окружающей среды, прекратите заряд, или перейдите в режим тонкоструйного заряда. При любом методе заряда, если применяются большие токи заряда, требуется предохранительный таймер. На всякий случай не допускайте ток заряда более, чем значение двойной емкости элемента, (т.е. для элемента емкостью 800 мА*час, не более, чем 1600 мА*часа заряд).

NiMH аккумуляторы имеют специфические проблемы с зарядом. Величина дельта V очень мала (примерно 2mV на элемент) и ее более трудно обнаружить, чем в случае NiCd аккумуляторов. Поэтому NiMH аккумуляторы для сотовых телефонов имеют температурные датчики в качестве резервного средства для обнаружения дельта V .

Одна из специфических проблем, связанных с зарядом по этому методу заключается в том, что при использовании в автомобилях электрические шумы и помехи маскируют обнаружение дельта V, и телефоны более склонные к управлению зарядом по температурному ограничению. Это может привести к порче аккумулятора в автомобиле, где телефон постоянно подключен (например автомобильный комплект) и многократные запуски и остановки двигателя имеет место. Каждый раз, когда зажигание выключается на несколько минут и затем включается обратно, новый цикл заряда инициируется.

Итак, какой же ток заряда следует считать правильным?

При использовании нерегулируемого зарядного устройства, которое не обеспечивает обнаружение момента наступления полного заряда любым известным способом, необходимо ограничить ток заряда. Практически все NiCd элементы могут заряжаться током C/10 (приблизительно 50 мА для AA элемента) неопределенно долго без охлаждения. При этом, естественно, не удастся избежать уменьшения напряжения после полного заряда, но и аккумулятор не испортится. Все зарядные устройства, непосредственно встроенные в телефоны, имеют электронные схемы обнаружения полного заряда.

Если хотите ускорить процесс, то заряд током величиной C/3 зарядит элементы примерно через 4 часа, и при таком токе большинство элементов лишь немного перезарядится без больших неприятностей. То есть, если Вы заканчиваете процесс заряда в течение часа после достижения полного заряда, то это - хорошо. Исключение перезаряда - вот к чему необходимо стремиться. При токе заряда более C/2 необходимо использовать только зарядные устройства с автоматическими средствами обнаружения полного заряда. При таком токе и выше, элементы аккумулятора могут быть при перезаряде легко повреждены. Те элементы, которые содержат в своем составе поглотители кислорода, могут не охлаждаться, но будут весьма горячими.

С хорошей электронной схемой управления зарядом могут быть использованы токи заряда более 1С - проблемой в этом случае становится уменьшение эффективности заряда и внутреннее нагревание от потерь на внутреннем сопротивлении. Однако, если Вы не спешите, избегайте заряд током большим, чем 1С.

Реверсивный метод заряда.

В анализаторах аккумуляторов Cadex 7000 и CASP/2000L (H) используются реверсивные импульсные методы заряда, при котором короткие импульсы разряда распределяются между длинными зарядными импульсами. Считается, что такой метод заряда улучшает рекомбинацию газов, возникающих в процессе заряда, и позволяет проводить заряд большим током за меньшее время. Кроме того, восстанавливается кристаллическая структура кадмиевых анодов, устраняя тем самым "эффект памяти".

На рис.4 схематично изображена временная диаграмма реверсивного метода заряда NiCd и NiMH аккумуляторов, реализованная в анализаторе Cadex 7000. Цифрой 1 обозначен нагрузочный импульс, а цифрой 2 - зарядный.

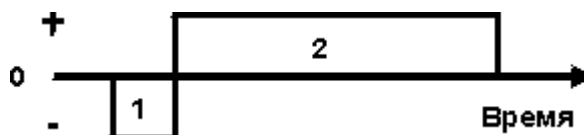


Рисунок 4.

Величина обратного импульса нагрузки определяется в процентах от тока заряда в диапазоне от 5 до 12 %. Оптимальное значение 9 %. Так например, для NiCd аккумулятора емкостью 1800 мА*час, зарядный ток величиной в 1С равен 1800 мА. Тогда импульс нагрузочного тока будет равен $1800 \text{ мА} * 0.09 = 162 \text{ мА}$. Выбирайте значение равное 5 % для NiCd емкостью 500 мА*час и менее.

Примечание переводчика:

Был проведен единичный эксперимент по измерению параметров метода реверсивного заряда NiCd и NiMH аккумуляторов емкостью 1000 мА*час.

Измерения проводились с помощью осциллографа, путем измерения параметров импульса напряжения на резисторе С5 -16В - 0.2 Ом +-1%, последовательно включенном в положительную цепь заряда аккумулятора. По результатам измерений получилось:

- длительность импульса "1" составляет ~30 мс, а период следования ~200 мс;
- амплитуды импульсов тока "1" и "2" примерно одинаковы и равны значению тока заряда.

Дополнительная информация:

Быстрый заряд NiMH аккумуляторов осуществляется постоянным током с отслеживанием момента полного заряда по моменту начала уменьшения напряжения на и (или) максимально допустимому приращению температуры. Типовые характеристики быстрого заряда NiMH аккумуляторов в зависимости от тока заряда приведены на Рис. 5. Дополнительно на рисунке приведены график изменения температуры внутри аккумулятора и изменения тока в процессе заряда.

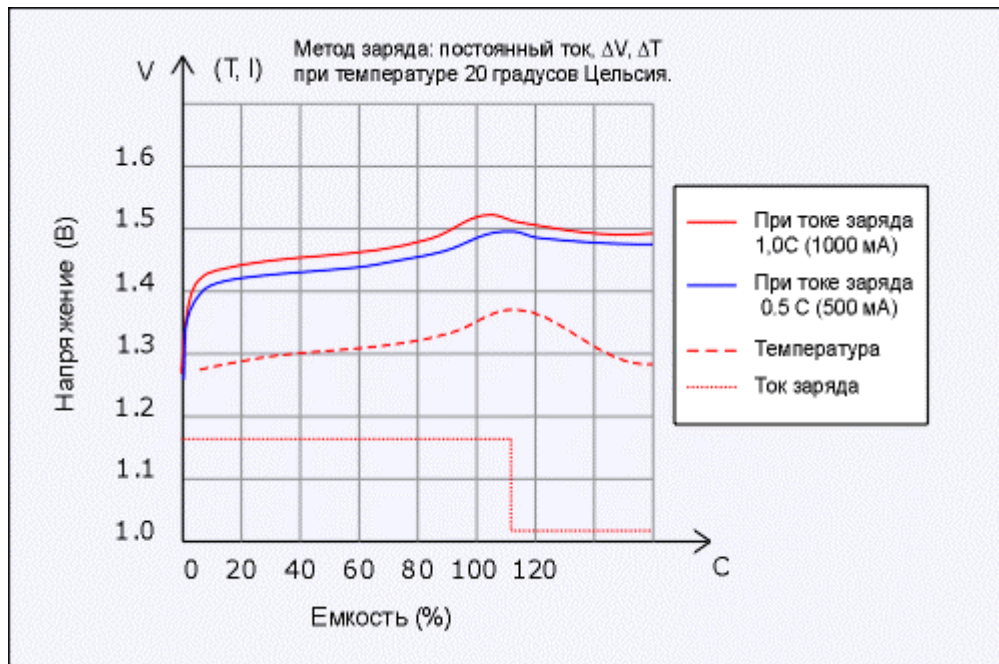


Рис.5 Типовые характеристики быстрого заряда NiMH аккумуляторов

Литий-ионные (Li-Ion) аккумуляторы

Литий является самым легким металлом, в то же время он обладает и сильно отрицательным электрохимическим потенциалом. Благодаря этому литий характеризуется наибольшей теоретической удельной электрической энергией. Вторичные источники тока на основе лития обладают высоким разрядным напряжением и значительной емкостью.

Первые работы по литиевым аккумуляторам были осуществлены Г.Н.Льюисом (G. N. Lewis) в 1912 году. Однако, только в 1970 году появились первые коммерческие экземпляры первичных литиевых источников тока. Попытки разработать перезаряжаемые литиевые источники тока предпринимались еще в 80-е годы, но были неудачными из-за невозможности обеспечения приемлемого уровня безопасности при обращении с ними.

В результате исследований, проведенных в 80-х годах, было установлено, что в ходе циклирования источника тока с металлическим литиевым электродом, на поверхности лития формируются дендриты. Прорастание дендрита до положительного электрода и возникновение короткого замыкания внутри литиевого источника тока является причиной выхода элемента из строя. При этом температура внутри аккумулятора может достигать температуры плавления лития. В результате бурного химического взаимодействия лития с электролитом происходит взрыв. Так, большое количество литиевых аккумуляторов поставленных в Японию в 1991г., было возвращено производителям после того, как в результате взрывов элементов питания сотовых телефонов от ожогов пострадали несколько человек.

В попытке создать безопасный источник тока на основе лития, исследования привели к замене неустойчивого при циклировании металлического лития в аккумуляторе на соединения внедрения лития в угле и оксидах переходных металлов. Наиболее популярными материалами для создания литий-ионных аккумуляторов в настоящее время являются графит и литийкобальтоксид (LiCoO_2). В таком источнике тока в ходе заряда-разряда ионы лития переходят из одного электрода внедрения в другой и наоборот. Хотя эти электродные материалы обладает в несколько раз меньшей по сравнению с литием удельной электрической энергией, при этом аккумуляторы на их основе являются достаточно безопасными при условии соблюдения некоторых мер предосторожности в ходе заряда-разряда. В 1991, фирма Sony начала коммерческое производство литий-ионных аккумуляторов и в настоящее время является их самым крупным поставщиком.

Удельные характеристики литий-ионных аккумуляторов, по крайней мере, вдвое превышают аналогичные показатели никель-кадмиевых аккумуляторов и хорошо характеризуют себя при

работе на больших токах, что необходимо, например, при использовании данных аккумуляторов в сотовых телефонах и портативных компьютерах. Литий-ионные аккумуляторы имеют достаточно низкий саморазряд (2-5% в месяц).

Для обеспечения безопасности и долговечности, каждый пакет аккумуляторов должен быть оборудован электрической схемой управления, чтобы ограничить пиковое напряжение каждого элемента во время заряда и предотвратить понижение напряжения элемента при разряде ниже допустимого уровня. Кроме того, должен быть ограничен максимальный ток заряда и разряда и должна контролироваться температура элемента. При соблюдении этих предосторожностей, возможность образования металлического лития на поверхности электродов в ходе эксплуатации (что наиболее часто приводит к нежелательным последствиям), практически устранена.

По материалу отрицательного электрода литий-ионные аккумуляторы можно разделить на два основных типа: с отрицательным электродом на основе кокса (фирма Sony) и на основе графита (большинство других изготовителей). Источники тока с отрицательным электродом на основе графита имеют более плавную разрядную кривую с резким падением напряжения в конце разряда, по сравнению с более пологой разрядной кривой аккумулятора с коксовым электродом (см. рисунок). Поэтому, в целях получения максимально возможной емкости, конечное напряжение разряда аккумуляторов с коксовым отрицательным электродом обычно устанавливается ниже (до 2.5 V), по сравнению с аккумуляторами с графитовым электродом (до 3.0 V). Кроме того, аккумуляторы с графитовым отрицательным электродом способны обеспечить более высокий ток нагрузки и меньший нагрев во время заряда и разряда, чем аккумуляторы с коксовым отрицательным электродом.

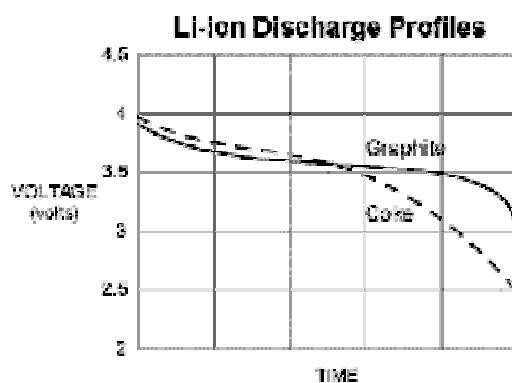


Рис.1 Характеристики разряда Li-ion аккумуляторов с коксовым и графитовым электродом.

Напряжение окончания разряда 3.0 V для аккумуляторов с графитовым отрицательным электродом является его основным преимуществом, так как полезная энергия в этом случае сконцентрирована внутри плотного верхнего диапазона напряжения, упрощая тем самым проектирование портативных устройств.

Производители непрерывно совершенствуют технологию литий-ионных аккумуляторов. Идет постоянный поиск и совершенствование материалов электродов и состава электролита. Параллельно прилагаются усилия для повышения безопасности литий-ионных аккумуляторов как на уровне отдельных источников тока, так и на уровне управляющих электрических схем.

Литий-ионные аккумуляторы являются наиболее дорогими из доступных сегодня на рынке. Совершенствование технологии производства и замена оксида кобальта на менее дорогой материал может быть приведет к уменьшению их стоимости на 50 % в течение ближайших нескольких лет.

Продолжается развитие других литий-ионных технологий, о чем говорят опубликованные результаты исследований. Так, согласно данным Fujifilm, разработанный этой фирмой аморфный композиционный окисный материал на основе олова для отрицательного электрода способен обеспечить в 1,5 раза более высокую электрическую емкость по сравнению с аккумуляторами со стандартным углеродным электродом. Дополнительные возможные преимущества аккумуляторов

с этим материалом заключаются в большей безопасности, более быстром заряде, хороших разрядных характеристиках и высокой эффективности при низкой температуре. Недостатки на ранних этапах исследований обычно не упоминаются.

Меры безопасности: Литий-ионные аккумуляторы обладают очень высокой удельной энергией. Соблюдайте осторожность при обращении и тестировании. Не допускайте короткого замыкания аккумулятора, перезаряда, разрушения, разборки, протыкания металлическими предметами, подключения в обратной полярности, не подвергайте их воздействию высоких температур. Это может нанести Вам физический ущерб.

Эта информация - отрывок из книги "Batteries in a Portable World" by Isidor Buchmann.

Перевод Владимира Васильева

Заряд литий-ионных (Li-ion) аккумуляторов

Зарядное устройство для Li-ion аккумуляторов подобно зарядному устройству для свинцово-кислотных аккумуляторов (SLA) в части ограничения напряжения на аккумуляторе. Основные различия между ними заключаются в том, что у зарядного устройства для Li-ion аккумуляторов - выше напряжение на элемент (номинальное напряжение элемента 3.6 V против 2 V для SLA), более жесткий допуск на это напряжение и отсутствие медленного или плавающего подзаряда по окончании полного заряда.

В то время как для SLA аккумуляторов допустима некоторая гибкость в установке значения напряжения прекращения заряда, то для Li-ion аккумуляторов изготовители очень строго подходят к выбору этого напряжения. Порог напряжения прекращения заряда для Li-ion аккумуляторов с графитовым электродом - 4.10 V, с коксовым электродом - 4.20 V, допуск на установку для обоих типов + - 0.05 V на элемент. Для вновь разрабатываемых Li-ion аккумуляторов, вероятно, будут другие значения этого напряжения. Следовательно, зарядные устройства для них должны быть адаптированы к требуемому напряжению заряда.

Более высокое значение порога напряжения обеспечивает большее значение емкости, поэтому в интересах изготовителя выбрать максимально возможный порог напряжения без нарушения безопасности. Однако на величину этого порога влияет температура аккумулятора, и его устанавливают достаточно низким для того, чтобы допустить повышенную температуру при заряде. Вмешательство потребителя в любое Li-ion зарядное устройство не рекомендуется.

В зарядных устройствах и анализаторах аккумуляторов, которые позволяют изменять порог напряжения, правильная установка этого порога должна соблюдаться при обслуживании любых аккумуляторов Li-ion типа. Однако большинство изготовителей не обозначают тип Li-ion аккумулятора. И если напряжение установлено неправильно, то коксовый аккумулятор выдаст более низкое значение емкости, а графитовый будет немного перезаряжен. При умеренной температуре, никакого повреждения не происходит, и более низкое напряжение разряда не повредит графитовому аккумулятору. Ниже приведена таблица, позволяющая сравнить варианты исполнения элементов аккумуляторов с коксовым и графитовым электродами.

Параметры	Технология изготовления		
	Коксовая	Графитовая-1	Графитовая -2
Максимальное напряжение заряда	4.20 V	4.10 V	4.20 V
Напряжение окончания разряда	2.50 V	3.00 V	2.50 V
Рекомендуемый ток заряда	0.2 C	0.2 C - 0.5 C	0.2 C - 0.5 C
Полный диапазон температур	От 5° C	От 2° C до 3° C	От 2° C до 3° C

заряде	8° C		
Основные изготовители	Sony, Asahi-Toshiba	Sanyo, Panasonic, Hitachi Maxell, Saft	Asahi-Toshiba, Panasonic, Moli, Sony

Время заряда Li-ion аккумуляторов приблизительно 3 часа и аккумулятор остается прохладным во время заряда. Полный заряд достигается после того, как напряжение достигнет верхнего порога напряжения, и (and the current has dropped and leveled off to a low plateau) ток уменьшится до некоторого низкого уровня.

Увеличение зарядного тока в Li-ion зарядном устройстве не намного сокращает время заряда, особенно для коксового исполнения. Хотя и пик напряжения достигается быстрее, все же лучше более длительный заряд. На рисунке приведены стадии заряда Li-ion аккумулятора. Наблюдайте сходство с SLA зарядным устройством.

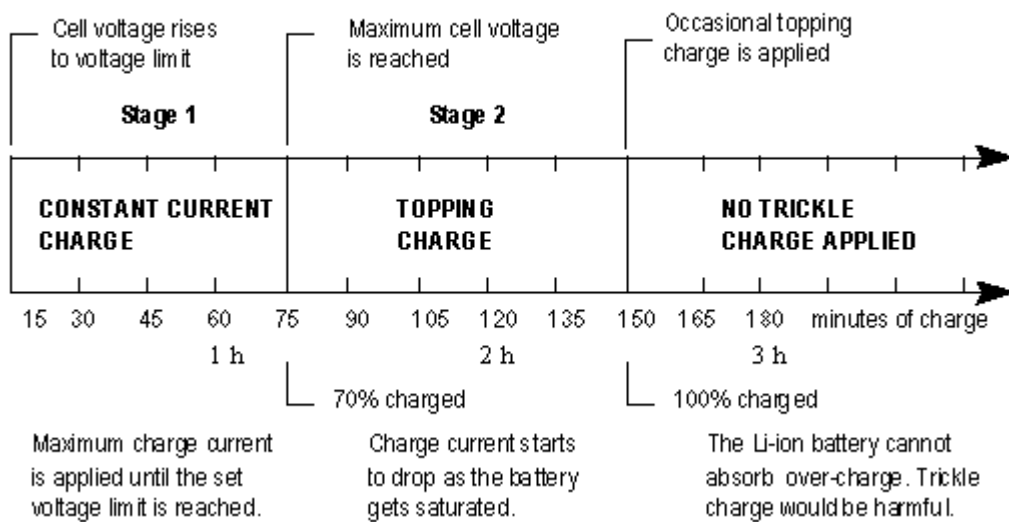


Рисунок. Стадии заряда Li-ion аккумуляторов

При основном методе заряд оканчивается, как только уровень напряжения достигнут. Такое зарядное устройство более быстрое и простое, чем зарядное устройство с двумя стадиями, но оно может зарядить аккумулятор только до 70 % емкости.

Медленный заряд не применяется, потому что Li-ion аккумулятор не терпит перезаряда. Медленный заряд может вызвать металлизацию лития, что приводит к нестабильности элемента. Вместо этого, время от времени для компенсации маленького саморазряда аккумулятора из-за небольшого тока потребления устройством защиты, может применяться кратковременный заряд.

Коммерческие Li-ion аккумуляторы содержат несколько встроенных устройств защиты. Обычно, плавкий предохранитель срабатывает, если напряжение заряда любого элемента достигает 4.30 V или температура элемента достигает 100° C (212° F). Переключатель давления в каждом элементе прекращает заряд, если превышен некоторый порог давления; а внутренняя схема управления отключает аккумулятор в нижней и верхней точках напряжения.

Большинство изготовителей продают Li-ion элементы только в составе аккумулятора вместе с устройством защиты. Эта предупредительная процедура вызвана возможной опасностью взрыва и воспламенения в случае, если аккумулятор заряжается и разряжается вне безопасных ограничений.

Потенциально может возникнуть проблема, если корпуса аккумуляторов, зарезервированные для NiCd и NiMH аккумуляторов, приспособлены к Li-ion элементам. Такие аккумуляторы могут заряжаться на не предназначенных для них зарядных устройствах и могут быть причиной опасности, если нет защиты против заряда на таком зарядном устройстве. Рекомендуется изготавливать выводы Li-ion аккумуляторов несовместимыми с выводами NiCd и NiMH аккумуляторов.

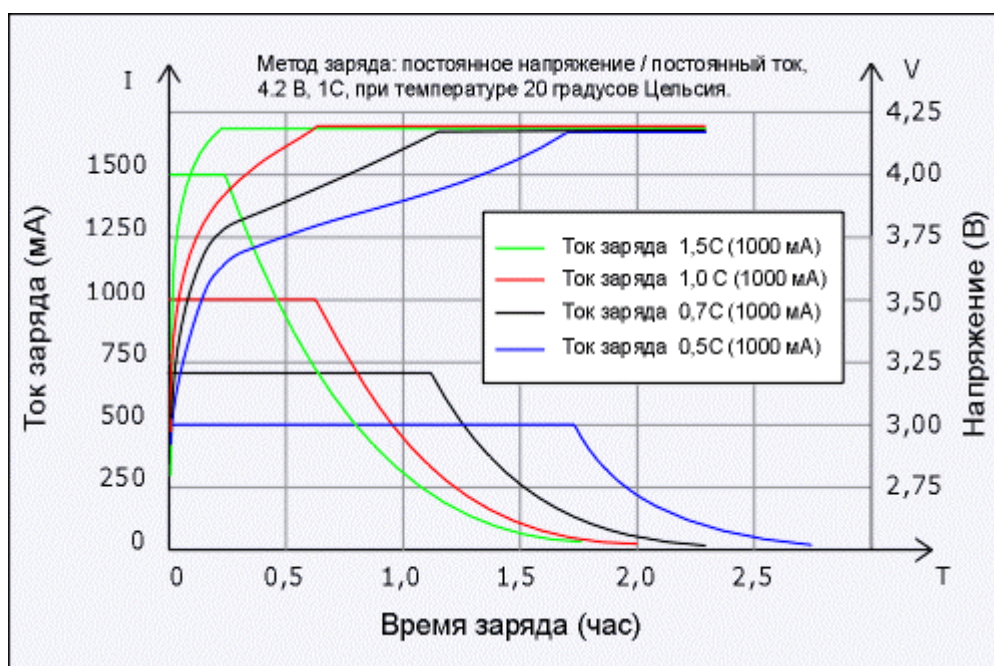
Незаряжаемые литиевые аккумуляторы занимают значительную долю рынка среди таких приложений как видекамеры, часы и маленькие электронные устройства. Из-за их длительного периода работоспособности и высокой плотности энергии, литиевые аккумуляторы также используются для военных приложений и аварийных устройств.

Меры предосторожности: *Никогда не пытайтесь заряжать незаряжаемый литиевый аккумулятор! Попытка зарядить эти аккумуляторы может вызывать взрыв и воспламенение, которые распространяют ядовитые вещества и могут причинить повреждения оборудованию.*

Меры безопасности: *В случае разрушения, утечки электролита и попадания его на кожу или глаза, немедленно промойте эти места проточной водой. Если электролит попал в глаза, промойте их проточной водой в течение 15 минут и обратитесь к врачу.*

Дополнительная информация:

Заряд Li-ion (Li-polymer) аккумуляторов первоначально осуществляется постоянным током до момента достижения напряжения на аккумуляторе 4.2 В, а затем при постоянном напряжении до момента уменьшения тока до величины, равной 0.05С. После этого заряд полностью прекращается. Типовые характеристики быстрого заряда Li-ion и Li-polymer аккумуляторов в зависимости от тока заряда приведены на рисунке.



Типовые характеристики быстрого заряда Li-ion (Li-polymer) аккумуляторов

Литий-полимерные аккумуляторы

Литий-полимерные аккумуляторы (Li-pol) - последняя новинка в литиевой технологии. Имея примерно такую же плотность энергии, что и Li-ion аккумуляторы, литий-полимерные допускают изготовление в различных пластичных геометрических формах, нетрадиционных для обычных аккумуляторов, в том числе достаточно тонких по толщине, и способных заполнять любое свободное место.

Li-pol аккумулятор, называемый также "пластиковым", конструктивно подобен Li-ion, но имеет гелевый электролит. В результате становится возможной упрощение конструкции элемента, поскольку любая утечка гелеобразного электролита - невозможна.

На данный момент пока отсутствуют сведения по сроку эксплуатации и старения новых литий-полимерных аккумуляторов.

Для информации привожу отдельные выдержки из различных источников.

1. "Пластиковые батарейки". Именно так называется статья в журнале "Russian Mobile", рассказывающая о применении литий-полимерных аккумуляторов (Li-Pol) в новом двухдиапазонном сотовом телефоне Panasonic GD90. Цитирую: "Теперь производители могут создавать батареи разной формы, которые можно вставлять в любое свободное место. ... С батареей Li-Pol GD90 работает до 3-х часов в режиме разговора и до 90 часов в режиме ожидания."
2. По информации журнала "Mobile News" www.mobilenews.ru сотовый телефон Ericsson T28s (стандарт GSM 900/1800) укомплектован литий-полимерным аккумулятором толщиной 3 мм и имеет емкость, достаточную для работы в течение трех с половиной часов в режиме разговора и до 50 часов в режиме ожидания.

Для тех, кто более глубоко интересуется параметрами литий-полимерных аккумуляторов, ниже приведен пример типовых технических данных на литий-полимерный элемент с моими комментариями.

Основные характеристики

Тип элемента	Li-Polymer, 1200 мАч (минимальная) 1300 мАч (типичное)
Номинальное напряжение	3,7 В - среднее напряжение при токе разряда 0.2С (некоторые производители указывают 3,6 В, принципиального значения не имеет)
Номинальная емкость	1200 мАч (при токе разряда 0.2С)
Напряжение прекращения разряда	2,75 В
Максимальный ток заряда	1200 мА
Максимальный длительный ток разряда	2400 мА
Напряжение при заряде	(4,2 ± 0.05)В
Метод заряда	Постоянное напряжение/постоянный ток. Стандартный заряд - 0,5С (заряд током 600 мА до напряжения 4.2 В, затем заряд при постоянном напряжении 4.2 В в течении 3.5 часов). Быстрый заряд - 1С (заряд током 1200 мА до напряжения 4.2 В, затем заряд при постоянном напряжении 4.2 В в течении 3.0 часов).
Размеры	35*48*8 мм
Вес	25.5 г.
Условия эксплуатации по температуре	заряд: от 0 до 45 Цельсия разряд: от -20 до 60 Цельсия хранение: от -20 до 45 Цельсия
Требования к внешнему виду	отсутствие царапин, трещин, щелей, грязных подтеков, ржавчины, деформации, обесцвечивания утечки электролита и других подобных повреждений и дефектов

Технические требования

Условия проверки (пока иные не определены):

- температура от 15 до 25 Цельсия;
- относительная влажность (25-85) %.

Электрические характеристики:

Параметр	Условия проверки	Требования
Стандартный заряд	Элемент должен заряжаться постоянным током 600 мА до момента достижения постоянного напряжения 4,2 В и затем при этом напряжении в течение 3,5 часов.	
Номинальная емкость	Измеряется при разряде током 0,2С до напряжения 2,75 В после стандартного заряда. (комментарий: иногда за момент окончания разряда принимается напряжение 3,0 В)	1200 мАч минимум
Внутреннее сопротивление	Внутреннее сопротивление должно быть измерено на частоте переменного тока 1 кГц после стандартного заряда.	38 мОм (минимум) 80 мОм (максимум)
Количество циклов	Измеряется емкость после 300 циклов стандартного заряда и разряда током 0.5С до напряжения 2,75 В	>= 60 % от начальной емкости

Хранение аккумуляторов

Аккумуляторы относятся к категории “скоропортящихся продуктов”, начинающих терять свое качество сразу же после изготовления. Хотя степень деградации для некоторых типов аккумуляторов достаточно низка, все же не рекомендуется хранить их в течение длительного периода времени перед использованием.

Все типы аккумуляторов должны храниться в сухом и прохладном месте. Можно порекомендовать хранение аккумуляторов в холодильнике (но только не в морозильнике, т.к. не все типы аккумуляторов выдерживают хранение при температуре заморозки). При хранении в прохладном месте, поместите аккумулятор в пластиковый пакет для защиты его от конденсации влаги.

NiCd аккумуляторы могут храниться в необслуживаемом состоянии до пяти лет. Но для достижения лучших результатов, перед хранением полностью зарядите аккумулятор, затем разрядите до нулевого напряжения и после этого замкните его выводы накоротко. Если такая процедура обременительна, разрядите аккумулятор до одного вольта на элемент и храните в сухом, прохладном месте. Полностью заряженные NiCd аккумуляторы при хранении подвержены саморазряду, что приводит к возникновению кристаллических образований (эффекта памяти).

Примечание переводчика:

- Мною был задан вопрос г-ну Isidor Buchmann, главе канадской компании Cadex Electronics Inc., производителю анализаторов аккумуляторов, автору проекта и книги [Batteries in a Portable World. A handbook on rechargeable batteries for non-engineers](#):

I have one question still on your book "Batteries in a Portable World. A handbook on rechargeable batteries for non-engineers", Chapter 15, Caring for Your Batteries from Birth to Retirement: You write that "For best results, a NiCd should be fully charged, then discharged to zero volts." My question: Why the battery needs to be discharged to zero volts? I did not see such information or such requirements in the recommendations from the manufacturers of batteries. Answer to me, please.

На который получил следующий ответ:

Dear Vladimir: Good question, Vladimir. I attended a one-week training seminar in the USA to service aircraft batteries. The main aircraft battery is a flooded NiCd. As part of the service procedure, the battery is first discharged to 1V/cell, then each cell is further discharged to 0V. At this point, all cells are shorted for 24h, after which the battery is recharged and tested. Such a procedure cannot be done on portable batteries. Tests performed by the US Army have shown that a NiCd cell needs to be discharged to at least 0.6V to effectively break up the more resistant crystalline formation. The discharge from 1.0V on down should be done on a much reduced current not to damage the battery. The Cadex battery analyzers go to 0.4V using primary and a secondary discharge methods. I am not aware of any research having been carried out on the benefit of discharging lower than 0.4V/cell. When I asked the instructor at the battery seminar about the benefit of 0V and shorting of 24h, he did not have a clear answer either, He said that they always did it this way. Please read Chapter 10: Getting the Most from your Batteries — How to Restore and Prolong Nickel-based Batteries on page 154 of "Batteries in a Portable World".

В переводе на русский вышеприведенные вопрос и ответ звучат примерно так :)

У меня есть еще один вопрос по вашей книге "Аккумуляторы в мире портативных устройств. Руководство по аккумуляторам для неинженеров", глава 15, "Уход за аккумуляторам от покупки до выхода из строя". Вы пишете, что для достижения лучших результатов NiCd аккумуляторы должны быть полностью заряжены, а затем разряжены до 0 вольт. Мой вопрос: почему NiCd аккумулятор необходимо разряжать до 0 вольт? Я не видел такой информации и таких требований в рекомендациях производителей NiCd аккумуляторов.

Ну и мой перевод ответа г-на Isidor Buchmann:

Хороший вопрос, Владимир. Я был на одно-недельном семинаре обучения в США, посвященном обслуживанию авиационных аккумуляторов. В основном авиационные аккумуляторы - заливаемые NiCd. Как часть процедуры обслуживания, аккумулятор сначала разряжается до 1 вольта на элемент, затем каждый элемент разряжается до 0 вольт. После этого все элементы закорачиваются на 24 часа, затем аккумулятор заряжается и тестируется. Такая процедура не может быть выполнена на портативных аккумуляторах. Испытания, проведенные в армии США показали, что NiCd элемент должен быть разряжен по крайней мере до 0.6V, чтобы эффективно разрушить более стойкие кристаллические образования. Разряд от 1.0V вниз должен быть выполнен при значительно уменьшенном токе, чтобы не повредить аккумулятор. Анализатор аккумуляторов Cadex разряжает аккумулятор до 0.4V используя первичный и вторичный метод разряда. Мне не известны какие-либо исследования, говорящие о преимуществах разряда ниже, чем 0.4V на элемент. Когда я спросил инструктора (преподавателя) на этом семинаре относительно преимуществ разряда до 0V и закорачивания элементов на 24 часа, он не дал четкого и ясного ответа. Он сказал, что они всегда делали это так. Пожалуйста прочитайте главу 10 "Получение максимума от вашего аккумулятора" --- как восстановить и продлить жизнь аккумуляторам на основе никеля на странице 154. Isidor Buchmann.

- **Мое заключение:** таким образом, не пытайтесь разрядить свой NiCd или NiMH аккумулятор до 0. В домашних условиях приемлемым следует считать разряд до 1 вольта на элемент.

Еще одно примечание переводчика:

- Для тех кто подробнее интересуется хранением NiCd аккумуляторов (разряд практически до 0 вольт) и технологией обслуживания, применявшейся, а может быть и сейчас применяющейся в NASA, привожу любопытную ссылку, присланную мне Борисом личным письмом:
<http://www.verinet.com/~dlc/battery.htm> Книга "Handbook for Handling and Storage of Nickel-Cadmium Batteries" (NASA Reference Publication 1326, February 1994)

После длительного хранения **NiCd и NiMH аккумуляторы** необходимо подготовить перед использованием, путем их медленного заряда, и последующих нескольких циклов разряда / заряда. В зависимости от длительности и температуры хранения, может потребоваться от двух до пяти таких циклов, чтобы восстановить полную емкость аккумуляторов. А в случае хранения при более высокой температуре, потребуется большее количество циклов. Проведение нескольких циклов может потребоваться и после, например, двух месяцев хранения.

Свинцово-кислотные (SLA) аккумуляторы могут храниться до двух лет, но в отличие от NiCd и NiMH, всегда должны храниться в заряженном состоянии. Во время хранения требуется их периодическая подзарядка, чтобы предотвратить понижение напряжения на разомкнутых зажимах каждого элемента аккумулятора ниже 2.0 вольт. (В зависимости от изготовителя, для некоторых типов SLA аккумуляторов допускаются более низкие уровни напряжений). Если вследствие саморазряда напряжение становится ниже критического порога, в большинстве SLA аккумуляторов происходит сульфатация и изменяется их характеристика перезаряда, что естественно влияет на срок эксплуатации. Хотя емкость элементов по большей части может быть восстановлена проведением циклов заряда / разряда, всегда желательно подзаряжать аккумулятор, не дожидаясь снижения напряжения на зажимах элемента ниже 2.1 вольта.

Подобно SLA, **Li-ion и Li-pol аккумуляторы** должны храниться в заряженном состоянии. Если Li-ion аккумулятор оставить на хранение с напряжением ниже 2.5 V сроком на три месяца или более, происходит невосстанавливаемая потеря его емкости. Кроме этого, может произойти коррозия элементов. Некоторые Li-ион аккумуляторы не допускают подзарядку, если напряжение на выводах элемента понизилось ниже критического уровня. Это требование выдвигается из соображений безопасности, потому что у глубоко разряженного элемента, изменяется химическая структура и подзарядка может быть опасной. Наилучшие результаты будут при хранении Li-ион аккумуляторов, заряженных до значения их емкости от 70 до 90 %. Некоторые изготовители могут рекомендовать более низкие значения емкости при хранении.

Типичные ошибки при хранении аккумуляторов

Наиболее распространенная ошибка, допускаемая владельцами сотовых телефонов заключается в том, что они оставляют телефон или запасной аккумулятор в автомобиле жарким летом или холодной зимой. Летом температура внутри автомобиля может превысить 60°C. Надо отметить, что высокая температура как правило вредна для работы всех типов аккумуляторов независимо от их электрохимической системы. Длительное хранение и эксплуатация аккумулятора при высокой температуре ускоряет деградацию активных материалов внутри аккумулятора. Любопытно по этому поводу обратиться к данным производителей элементов для аккумуляторных батарей. В спецификациях на бытовые элементы приводятся следующие цифры (они типичны для всех производителей):

NiMH аккумуляторы:

Стандартный заряд: 0°C ... +45°C.

Быстрый заряд: 0°C ... +40°C (у некоторых производителей 5°C ... +45°C).

Разряд: -10°C ... +65°C (у некоторых производителей -20°C ... +60°C).

Хранение: -20°C ... 35°C (в течение 1 года)

Хранение: -20°C ... 45°C (в течение 180 дней)

Хранение: -20°C ... 55°C (в течение 30 дней)

Хранение: -20°C ... 65°C (в течение 7 дней)

Li-ion и Li-pol аккумуляторы:

Заряд: 0°C ... +40°C (у некоторых производителей 5°C ... +45°C).

Разряд: -10°C ... +60°C (у некоторых производителей -20°C ... +60°C).

Хранение: -20°C ... 35°C (в течение 1 года), у некоторых производителей -20°C ... +25°C

Хранение: -20°C ... 55°C (в течение 90 дней), у некоторых производителей -20°C ... +45°C

Хранение: -20°C ... 60°C (в течение 30 дней)

Кроме этого, приведу любопытную табличку для качественного Li-ion аккумулятора со 100 % начальной емкостью перед хранением:

Температура хранения	Длительность хранения	Степень заряженности аккумулятора в % перед хранением	Восстановленная емкость аккумулятора после хранения в %
+60°C	1 неделя	Заряжен на 50%	90
+60°C	1 неделя	Заряжен на 100%	85
+23°C	90 дней	Заряжен на 50%	95
+23°C	90 дней	Заряжен на 100%	90
+23°C	1 год	Заряжен на 50%	90
+23°C	1 год	Заряжен на 100%	80

Таким образом, чем выше температура, тем меньше время аккумулятор должен находиться в данных условиях. Никель-металлгидридные аккумуляторы наиболее чувствительны к высоким температурам по сравнению с аккумуляторами других электрохимических систем. Так постоянная эксплуатация и хранение при 45°C приведут к уменьшению количества циклов NiMH аккумулятора примерно на 60 процентов. NiCd элементы наоборот, менее всех других чувствительны к высокими температурами. Li-ion ведут себя почти так же как NiCd. А литий-ионные полимерные элементы, имеющие, главным образом, ту же самую природу, что и Li-ion, могут иногда вспучиваться, особенно при более высоких температурах.

При пониженной температуре условия хранения наилучшие, но отметим, что именно для хранения, т.к. отдача энергии при минусовых температурах у любых аккумуляторов падает, а заряжать и вовсе нельзя.

Кроме температуры, на срок службы аккумулятора существенное влияние оказывает степень его заряда. Как показывают результаты исследований оптимальный вариант это зарядить аккумулятор перед хранением наполовину.

Аккумуляторы для мобильных устройств - зарядные устройства

Владимир Васильев

Поставили Вы на ночь заряжать свой аккумулятор? - Пожалуй, в скором времени такой вопрос будут задавать все большее и большее число людей. Мобильные технологии стремительно врываются в нашу жизнь и заставляют задумываться о вещах совершенно несвойственных нам ранее. Вот и зарядные устройства тоже из этой категории. Ну, скажите: какое нам, рядовым пользователям, дело до всех этих премудростей? Так нет же, приходится спрашивать, разбираться, выяснять - а как и что лучше. Нужно ли это вам, нам? Выбор за вами.

Ознакомившись в предыдущей статье [1] с основными методами заряда аккумуляторов, обратимся теперь непосредственно к устройствам их реализующим, или попросту говоря, к зарядникам. Но при этом сразу сделаем одно существенное уточнение: мобильные устройства - понятие на данный момент все более расширяющееся. И под него попадают как сотовые телефоны и радиостанции, так и обычные домашние беспроводные телефоны, радиотелефоны DECT, всевозможные портативные и наладонные компьютеры, видеокамеры, цифровые фотоаппараты и многое другое. Всех их объединяет то, что питаются они от аккумуляторов. Но от аккумуляторов ... - различных! Причем отличающихся не только по типу электрохимической системы (никель-кадмиевые, никель-металлгидридные, литий-ионные или литий-полимерные), но и по своим электрическим характеристикам. Отсюда и следствие: зарядные устройства для каждого из них имеют свои особенности.

В качестве примера рассмотрим зарядные устройства для сотовых (мобильных) телефонов, а для того, чтобы разобраться во всем их многообразии, произведем классификацию зарядных устройств по их характерным признакам.

Итак, зарядные устройства бывают:

- по типу электрохимической системы заряжаемых аккумуляторов - для аккумуляторов на основе никеля: никель-кадмиевых (NiCd) и никель-металлгидридных (NiMH), для литий-ионных (Li-ion) аккумуляторов и комбинированные;
- по конструктивному исполнению - встроенными в телефон или в выносной блок питания (предназначенные для заряда аккумулятора непосредственно в телефоне) и настольными;

- по методу заряда - устройства, осуществляющие заряд постоянным током, и устройства с импульсным методом заряда;
- по времени заряда - медленные и быстрые;
- по входному напряжению питания - устройства, подключаемые к сети напряжения переменного тока и к бортовой сети автомобиля;
- по функциональным возможностям - бытовые и профессиональные зарядные устройства.

А теперь более подробно о характеристиках каждой группы и рекомендациях по выбору.

Как правило, наименьшие проблемы доставляют пользователям зарядные устройства, предназначенные для заряда аккумулятора непосредственно в телефоне. Дело в том, что производители телефонов старается максимально возможным образом согласовать технологию заряда со всеми возможными типами аккумуляторов, предназначенных для работы с данной маркой телефона. Таким образом, если телефон рассчитан на работу с NiCd, NiMH и Li-ion аккумуляторами, то это означает, что его встроенное зарядное устройство одинаково эффективно будет заряжать все вышеперечисленные аккумуляторы, даже если они будут разной емкости. Из недостатков можно отметить один: для аккумуляторов на основе никеля рекомендуется периодический полный разряд, однако телефон его сделать не может. При достижении определенного порога напряжения - он выключается. Это напряжение выключения превышает то значение напряжения, до которого необходимо разрядить аккумулятор, чтобы предотвратить уменьшение его емкости, возникающее в процессе эксплуатации. В этом плане предпочтительнее настольное зарядное устройство с функцией разряда.

Можно ли обойтись только встроенным в телефон зарядным устройством? Конечно можно, но, пожалуй, не очень удобно. Для исключения непредвиденных ситуаций, вызванных недостаточным зарядом аккумулятора среди бела дня, неплохо иметь настольное зарядное устройство по месту работы или запасной аккумулятор (хотя не вставишь же в телефон, например на ночь, для заряда два аккумулятора). К его выбору необходимо подходить более тщательно. Во-первых, не все устройства способны эффективно заряжать литий-ионные аккумуляторы. Так, например, компания Моторола четко оговаривает, что для заряда литий-ионных аккумуляторов необходимо использовать только зарядные устройства с логотипом "EP" (Expert Performance). Применение других зарядных устройств фирмы Motorola без логотипа "EP" может привести к неполному заряду литий-ионных аккумуляторов и даже сокращению их срока эксплуатации (максимального числа циклов заряда / разряда). Во-вторых, каждое зарядное устройство рассчитано на заряд аккумуляторов определенной емкости. Имейте в виду, что медленное зарядное устройство, рассчитанное на заряд аккумуляторов небольшой емкости, может быть не способно полностью зарядить аккумулятор повышенной емкости за то же, и даже за большее время. И наоборот - быстрое зарядное устройство с большим током заряда может перезарядить аккумулятор с небольшой емкостью. С другой стороны, настольные зарядные

устройства могут иметь два посадочных места: первое для телефона вместе с аккумулятором и второе - только для аккумулятора. Причем часто во втором посадочном месте аккумулятор можно перед зарядом полностью разрядить, что периодически рекомендуется делать для аккумуляторов на основе никеля и только для них. Литий-ионные аккумуляторы разряжать перед зарядом не требуется.

Медленные и быстрые зарядные устройства различаются по скорости заряда. Первые заряжают аккумулятор током, примерно равным $1/10$ от величины номинальной емкости аккумулятора, и время заряда составляет 12-15 часов. Отсюда их другое название - ночные. Вторые - заряжают аккумулятор током, в диапазоне от $1/3$ до 1 от величины его номинальной емкости в течение от 3-х до одного часа. Что предпочтительнее? Кому как удобнее. Быстрый заряд аккумуляторов для сотовых телефонов не сказывается ощутимо на их сроке эксплуатации. По крайней мере, изготовители аккумуляторов сведений об уменьшении срока службы не приводят и разрешают заряд таким током. Во всех остальных случаях необходимо проконсультироваться у продавца. Нужно отметить, что не следует оставлять NiCd и NiMH аккумуляторы в зарядном устройстве после окончания заряда (на ночь можно), так как зарядное устройство для этих аккумуляторов после полного их заряда не прекращает заряд, а продолжает, но только значительно меньшим током. Длительное нахождение NiCd и NiMH аккумуляторов в зарядном устройстве приводит к их перезаряду и ухудшению параметров. Это не относится к Li-ion аккумуляторам и зарядным устройствам для них. Li-ion аккумуляторы скорее любят находиться в заряженном состоянии, чем в разряженном. Кроме того, зарядные устройства после полного заряда аккумулятора уменьшают зарядный ток до нуля и поэтому Li-ion аккумуляторы можно оставлять в зарядном устройстве после окончания заряда.

Для продления срока эксплуатации NiCd аккумуляторов можно порекомендовать применение зарядных устройств с импульсным методом заряда, который уменьшает кристаллические образования в NiCd аккумуляторах ("эффект памяти") возникающие в процессе эксплуатации (но к сожалению в описаниях на зарядные устройства часто не говорится ни о методах заряда, ни о методах контроля за достижением полного заряда). Однако для аккумуляторов с большим "эффектом памяти", применение одного только импульсного метода заряда не достаточно и поэтому необходим глубокий разряд (восстановление) по специальному алгоритму для того, чтобы разрушить более стойкие кристаллические образования. Обычные зарядные устройства, даже с функцией разряда, этого не делают.

Для всех, кто интенсивно пользуется автомобилем - безусловно, необходим автомобильный вариант зарядного устройства. Но только на крайний случай. Не следует злоупотреблять зарядом аккумулятора в автомобиле, особенно во время езды по городу, с частыми остановками и многократными запусками двигателя. Такие условия заряда неблагоприятны для аккумулятора. Отрицательно сказываются на нем и температурные условия заряда в автомобиле,

особенно зимой и летом. Самое лучшее местоположение телефона с аккумулятором в таких условиях - под верхней одеждой - зимой, и в наиболее прохладном месте - летом.

И, наконец, для очень любопытных о профессиональных зарядных устройствах. Это скорее даже не зарядные устройства, а анализаторы состояния аккумуляторов, которые кроме функций заряда и разряда, имеют целый ряд уникальных возможностей для оценки и исследования аккумулятора по всем его параметрам. Так, например, анализатор Cadex 7000 [2,3] производства Канадской компании Cadex Electronics Inc. позволяет:

- одновременное обслуживание в любой комбинации до 4-х различных аккумуляторов следующих электрохимических систем: герметичных свинцово-кислотных, никель-кадмиевых, никель-металл гидридных, литий-ионных и литий-полимерных;
- установку любых 4-х из 600 с лишним разновидностей адаптеров для аккумуляторов портативных радиостанций, сотовых телефонов, компьютеров, видеокамер, мощных ручных инструментов, медицинских приборов и т.д.;
- индикацию свыше 30 ненормальных состояний аккумулятора на простом английском языке;
- автоматическое выполнение типовых операций: подготовка новых или длительно хранившихся аккумуляторов к эксплуатации с одновременным проведением входного контроля на соответствие условиям поставки, восстановление потерявших емкость аккумуляторов на основе никеля, измерение внутреннего сопротивления аккумуляторов в течение 5 секунд, быстрый разряд и заряд, поддержание аккумуляторов в постоянной готовности при длительном хранении и другие;
- установку переменных параметров аккумуляторов с клавиатуры анализатора и с компьютера;

Словом анализаторы аккумуляторов - это многофункциональные приборы, незаменимые при обслуживании большого парка аккумуляторов.

В заключении особо хочется остановиться на заряде аккумуляторов для домашних радиотелефонов (не путать с радиодлинителями). Как правило, пользователи постоянно держат трубку на "базе", кто по не знанию, кто для защиты от несанкционированного подключения. А поскольку простое медленное зарядное устройство для них, как правило, встроено в "базу", то постоянное нахождение трубки на ней приводит к неконтролируемому заряду и порче аккумуляторов. Дело в том, что в радиотелефонах обычно используются никель-кадмиевые аккумуляторы, которые рекомендуется заряжать после полного заряда. Так что кладите трубку на базу, только после того, как она просигнализирует Вам о необходимости заряда.

Аккумуляторы для мобильных устройств - эффект памяти

Казалось бы, что может быть проще?
Разрядился аккумулятор - подключаем зарядное устройство и заряжаем до готовности. Однако в один прекрасный момент начинаешь замечать, что время

работы полностью заряженного аккумулятора становится меньше, чем было ранее. В чем дело? Кто виноват и как объяснить данное явление?

Рассмотрим эту проблему и ее решение на примере аккумуляторов для сотового телефона. Впрочем, все нижеизложенное будет справедливо и для аккумуляторов радиостанций, радиотелефонов и радиоудлинителей, портативных компьютеров, цифровых фотоаппаратов и видеокамер, ручных инструментов.

Начнём с никель-кадмиевых (NiCd) и никель-металлгидридных (NiMH) аккумуляторов. Всем известно, что по окончании заряда аккумулятора в обычном зарядном устройстве, загорается зеленый свет индикатора, указывающий на то, что аккумулятор полностью заряжен и готов к работе. Если аккумулятор заряжается в телефоне, то последний сообщит вам об этом присущим ему способом.. В результате вы полагаете, что ваш аккумулятор заряжен, обладает полной емкостью и ему можно доверять на все 100%.

Но ... не верь глазам своим! "Зеленый свет" обычного зарядного устройства никоим образом не гарантирует достаточную (номинальную) емкость [1] и исправность аккумулятора. Все дело в том, что обычное зарядное устройство заряжает (наполняет) аккумулятор электрической энергией лишь до тех пор, пока есть "свободное место", в то время как количество закачанной в аккумулятор энергии никак не оценивается! Напрашивается простая аналогия со стаканом, которую мы подробно рассмотрели при обсуждении электрической емкости аккумулятора в статье [1]. Если в пустой стакан можно налить 200 мл воды, то в тот же стакан, но частично заполненный, например, песком или мелкими камешками - гораздо меньше. Продолжая эту аналогию, отметим, что каждый цикл заряда-разряда вносит в наш стакан-аккумулятор "посторонние примеси", уменьшая тем самым объем для хранения полезной энергии.

Естественно, возникает вопрос: почему аккумулятор в процессе эксплуатации постепенно становится неспособным принять во время заряда то количество энергии, на хранение которого он рассчитан?

Для примера на рис. 1 схематично изображены 5 различных состояний одного и того же NiCd аккумулятора.



Рис. 1. Емкость аккумулятора в зависимости от состояния его рабочего вещества.

Левый крайний аккумулятор обладает стопроцентной емкостью. Его рабочее вещество имеет однородную структуру из мельчайших частиц и максимальную площадь активной поверхности. Крайний правый - наихудший и имеет только 20 % от номинальной емкости. Частицы его рабочего вещества укрупнились, и площадь активной поверхности значительно уменьшилась. Причина этого явления заключается в том, что в процессе эксплуатации с каждым новым циклом заряда-разряда рабочее вещество внутри NiCd и NiMH аккумуляторов постепенно изменяет свою структуру в сторону уменьшения площади активной поверхности, что приводит к уменьшению реальной емкости. Этот эффект, называемый также эффектом памяти, развивается вследствие заряда не полностью разряженных аккумуляторов на основе никеля и сильнее всего проявляется в никель-кадмиевых аккумуляторах. Никель-металлгидридные аккумуляторы подвержены эффекту памяти в меньшей степени. Рассмотрим изображенную на рис. 2 анодную пластину нового NiCd аккумулятора: кристаллические образования имеют малые размеры (около 1мкм), и площадь их соприкосновения с электролитом максимальна.



Рис 2. Структура анодной пластины нового NiCd аккумулятора

В процессе эксплуатации потребители, как правило, не дожидаются полной разрядки аккумулятора перед очередным зарядом. Впрочем, это вполне естественно, особенно, когда отсутствует запасной аккумулятор. Однако в результате такой практики через 3 - 6 месяцев (в зависимости от частоты заряда, глубины разряда, условий эксплуатации, качества аккумулятора и фирмы-изготовителя) реальная емкость аккумулятора заметно уменьшается. Сокращается

также и время заряда. Кроме того, возможно небольшое увеличение внутреннего сопротивления [1] аккумулятора. Словом, начинает проявляться эффект памяти. Состояние такого аккумулятора с укрупненными кристаллическими образованиями показано на рис.3.



Рис 3. Структура анодной пластины NiCd аккумулятора, не подвергавшегося периодической тренировки

Если и далее не принимать особых мер, то при дальнейшей эксплуатации увеличивающиеся кристаллические образования могут привести к разрушению сепаратора (своего рода перегородки, разделяющей анод и катод) и увеличению тока саморазряда [1]. В этом случае аккумулятор становится подобен худому ведру: воду носить можно, но недалеко.

Что же делать? Вспомнить старое доброе правило: легче эффект памяти предотвратить, чем потом устранить. А для предотвращения необходимо применять тренировку аккумуляторов, под которой понимаются периодические (3 - 4 раза) циклы заряда и последующего разряда до напряжения 1 вольт на элемент. Процесс этот проще всего выполнять на настольных зарядных устройствах, имеющих функцию разряда, или на специальных анализаторах типа Cadex C7000, C7200 [2,3]. Последние процесс тренировки автоматизируют и увеличивают емкость аккумулятора до максимально возможного уровня.. Выполнение тренировочных циклов непосредственно в телефоне тоже возможно, но не так эффективно, поскольку телефон, как правило, успевает отключиться раньше, чем аккумулятор полностью разрядится. Да и времени для этого требуется значительно больше.

Теперь несколько слов о периодичности данного процесса. Рекомендации таковы: для никель-кадмиевых аккумуляторов - один раз в месяц, для никель-металлгидридных - раз в два месяца. Если делать это чаще, то полезный эффект увеличивается незначительно, а износ аккумулятора значительно возрастает.

Всегда ли помогают тренировочные циклы заряда-разряда? Не всегда. С запущенными аккумуляторами дело обстоит сложнее, и помочь тут может только метод восстановления, основанный на глубоком (до 0.4 вольта на элемент) разряде аккумуляторов по специальному алгоритму. При таком разряде происходит дробление крупных кристаллических образований, в результате чего емкость аккумулятора восстанавливается. Структура рабочего вещества восстановленного аккумулятора показана на рис.4.



Рис 4. Структура анодной пластины восстановленного NiCd аккумулятора

Однако следует отметить, что некоторые из восстановленных аккумуляторов могут иметь высокий саморазряд [1] вследствие повреждения кристаллическими образованиями материала сепаратора. По большей части это присуще старым аккумуляторам.

А теперь подведем итоги.

1. Эффект памяти свойственен только аккумуляторам на основе никеля, причем сильнее всего он проявляется в никель-кадмиевых аккумуляторах. Существует мнение, что в никель-металлгидридных аккумуляторах этот эффект просто не успевает значительно проявиться из-за меньшего срока их службы. В то же время ряд фирм, выпускающих NiMH аккумуляторы, заявляет, что их аккумуляторы свободны от этого эффекта. Например, фирма GP Batteries International Limited [6] в сопроводительной этикетке на некоторые типы своих аккумуляторов указывает следующие параметры: количество циклов разряда-заряда - 1000, отсутствие эффекта памяти и необходимости разряда аккумулятора перед зарядом. Словом, параметры более чем привлекательны.
2. Часто на эффект памяти списывают повреждения аккумулятора, вызванные неправильной эксплуатацией: использованием неисправного или "неродного" зарядного устройства, длительным пребыванием в зарядном устройстве, переохлаждением или перегревом аккумулятора, да и просто браком по вине изготовителя или поставщика.
3. Для предупреждения эффекта памяти при отсутствии специальных зарядных устройств можно порекомендовать заряд после как можно более полного разряда аккумулятора в телефоне.

И в заключение несколько слов о литийионных (Li-ion) аккумуляторах.

С ними дело обстоит с точностью до наоборот. Они не подвержены эффекту памяти. Более того, Li-ion аккумуляторы предпочитают заряженное состояние незаряженному. Их можно ставить на заряд в любой момент и держать в зарядном устройстве сколько угодно. Зарядные устройства для Li-ion аккумуляторов после окончания заряда автоматически отключаются, поскольку Li-ion аккумуляторы нельзя перезаряжать. Важно только, чтобы это устройство было предназначено для заряда Li-ion аккумуляторов именно этого производителя. В противном случае аккумулятор может быть либо недозаряжен, либо испорчен. Другая важная особенность Li-ion аккумуляторов - это необходимость их хранения только в заряженном состоянии.

При написании статьи использовались материалы, любезно предоставленные гном Isidor Buchmann, основателем и главой канадской компании Cadex Electronics Inc. [3], а также компанией Landata, г. Москва

Аккумуляторы для мобильных устройств - оценка состояния

Владимир Васильев

Как правило, большинство людей редко задумывается о состоянии аккумулятора своего мобильного, полагая, что он верой и правдой будет нам служить долгое время. Проходит время: месяц, два, три На уровне подсознания возникает ощущение - с мобильником что-то не то - время его работы от полностью заряженного аккумулятора стало меньше. В чем причина? Ответ простой - состояние аккумулятора ухудшилось.

Аккумулятор, как и любая другая вещь, стареет, портится от неправильного обращения и нуждается в определенном уходе, или, говоря на языке специалистов, - в техническом обслуживании. Со старением аккумулятора ничего не поделаешь, а вот позаботиться о его поддержании в исправном состоянии - это в наших силах.

Что же понимать под исправным состоянием? Применительно к аккумулятору для мобильного (сотового) телефона или радиостанции под исправным состоянием понимается нахождение в пределах нормы трех его основных параметров: реальной электрической емкости, внутреннего сопротивления и саморазряда [1]. Электрическая емкость самым непосредственным образом влияет на продолжительность работы телефона, как в режиме ожидания, так и в режиме разговора. От внутреннего сопротивления прямо зависит способность телефона работать в режиме разговора или приема сообщений. Саморазряд влияет на скорость уменьшения электрической емкости с течением времени. И сразу же возникает вопрос, а каким образом эти параметры аккумулятора можно проверить, оценить?

Возможны два подхода к решению данного вопроса. Попробовать это сделать самостоятельно или довериться профессионалам. Рассмотрим и тот и другой варианты.

Оценка состояния аккумулятора потребителем

Оценка реальной электрической емкости. Сделать это можно двумя способами. Первый способ - качественный и очень приблизительный. Заключается он в примерной оценке среднего времени продолжительности работы вашего мобильного. Однако сложность состоит в том, что это время зависит от многих факторов: номинальной емкости аккумулятора, степени и правильности его

исходного заряда, частоты и продолжительности ваших телефонных разговоров, степени удаления от базовой станции, температуры окружающего воздуха. Поэтому незначительное уменьшение емкости аккумулятора (на 15 - 20 %) обычно остается незамеченным. При втором способе, более точном, требуются специальные зарядные устройства с функцией разрядки аккумулятора. В этом случае достаточно зарядить аккумулятор в зарядном устройстве, а затем поставить его на разряд и оценить время, которое пройдет от момента начала разряда до момента его окончания и автоматического переключения на заряд. Зная длительность этого интервала времени для точно такого же заведомо исправного аккумулятора и определив этот интервал для испытуемого аккумулятора, вы можете оценить его емкость. Единственное неудобство заключается в том, что надо сидеть перед зарядным устройством и ожидать, когда же оно закончит разряжать аккумулятор. Этот метод позволяет в какой-то мере оценить и внутреннее сопротивление аккумулятора, если зарядное устройство обеспечивает разрядный ток от 500 мА и выше.

Оценка внутреннего сопротивления. Основным признаком большого значения внутреннего сопротивления аккумулятора является отключение телефона или радиостанции в момент начала исходящего или входящего вызова (при условии, что контакты аккумулятора чистые и на них нет следов окисления и повреждений). В таких случаях пользователи обычно говорят, что зарядили аккумулятор до "зеленого света" в зарядном устройстве или в телефоне, включили, а через некоторое время он оказался выключенным (выключение произошло в момент входящего звонка, но звонка при этом не слышно!). Или телефон отключается в момент исходящего звонка. Индикатор напряжения аккумулятора при этом (до момента отключения) показывает, что работать еще можно. Все вышеперечисленные случаи - качественные признаки большого значения внутреннего сопротивления аккумулятора. Количественно оценить его значение в бытовых условиях рядовому пользователю не представляется возможным.

Оценка саморазряда. Суть саморазряда, как уже отмечалось в [1], заключается в потере аккумулятором своей емкости по отношению к величине, которую он имеет сразу же после заряда. Для его оценки также понадобится зарядное устройство с функцией разряда. Зарядите аккумулятор и сразу же после этого разрядите. Зафиксируйте значение интервала времени, требуемого для полного разряда аккумулятора. Вновь зарядите аккумулятор и отложите его в сторону на сутки. На следующий день, по истечении 24-х часов, разрядите аккумулятор в этом же зарядном устройстве и определите, сколько времени пройдет до его полной разрядки. Сравните эти два интервала времени. Естественно, что длительность второго интервала будет меньше, и это уменьшение примерно показывает, какую емкость ваш аккумулятор потерял за сутки. Таким образом, вы сможете оценить саморазряд никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов (потеря емкости за первые сутки после заряда должна быть не более (10 -15) %). Саморазряд литий-

ионных аккумуляторов оценивается через месяц после заряда из-за своего небольшого значения.

А теперь для любознательных о том, как производится оценка состояния аккумуляторов специалистами или как проверяются аккумуляторы в условиях большой организации с большим парком различных аккумуляторов. Одним словом, как и с помощью каких приборов должны обслуживаться аккумуляторы.

Профессиональная оценка состояния аккумулятора

Тут уж не посидишь перед зарядным устройством с часами в руках. Особенно когда необходимо произвести входной контроль, например, сотни аккумуляторов. Для принятия решений в этом случае требуются количественные и точные оценки состояния аккумуляторов. Кроме того, порою, от состояния аккумулятора может зависеть человеческая жизнь, если аккумуляторы используются в средствах связи, например, подразделений МЧС. Поэтому в этих случаях для оценки состояния аккумуляторов применяются специальные приборы - анализаторы аккумуляторов. И существует вполне определенный перечень основных требований, предъявляемых к приборам данного назначения. Среди них:

1. измерение основных параметров аккумулятора: степени заряда, емкости, внутреннего сопротивления и саморазряда;
2. восстановление аккумуляторов определенных электрохимических систем;
3. определение короткозамкнутых элементов в аккумуляторах;
4. определение "мягких" элементов в аккумуляторе (ускоренного роста напряжения во время заряда);
5. обслуживание аккумуляторов в различных режимах по выбору пользователя;
6. дежурный режим заряда аккумуляторов;
7. одновременное обслуживание нескольких аккумуляторов различного типа;

И самое главное требование - это возможность быстрой оценки состояния аккумулятора.

Очевидно, что с помощью обычных зарядных и разрядных устройств эти задачи решить невозможно.

На сайте [4] в разделе "Анализаторы" приведен обзор, сравнительные характеристики наиболее распространенных типов анализаторов различных фирм (Cadex C7000, CASP/2000L (H), Alexander, Motorola BMS / Jbro / W&W, Itech Iqten) и комментарии к ним.

Здесь же кратко остановимся только на тех характеристиках анализаторов, которые в наибольшей степени влияют на качество обслуживания аккумуляторов и наиболее понятны потребителю. Обсуждение характеристик проведем на примере анализатора Cadex C7000 [1,2], с которым я хорошо знаком и использую его в повседневной работе.

Итак. **Типы обслуживаемых аккумуляторов.** Анализатор должен обслуживать все, наиболее распространенные на данный момент разновидности аккумуляторов по электрохимической системе, а также иметь возможность модернизации для поддержки вновь появляющихся типов аккумуляторов. Например, на данный момент относительно новым типом являются литий-полимерные аккумуляторы, которыми уже комплектуются сотовые телефоны и портативные компьютеры.

Сервисные программы. Анализатор должен иметь готовые сервисные программы для выполнения типовых операций по обслуживанию аккумуляторов и учитывающих особенности их конкретных типов. Наличие таких программ очень облегчает и ускоряет процесс обслуживания. Под готовой сервисной программой в данном случае понимается программа, в которой уже заложены все основные параметры и последовательность действий при обслуживании аккумулятора. Пользователю остается только выбрать тип электрохимической системы, величину номинальной емкости аккумулятора и запустить программу на выполнение. Примеры сервисных программ:

- подготовка нового или долго хранившегося аккумулятора к работе;
- тренировка аккумулятора и переход в режим восстановления в случае, если измеренное после тренировки значение емкости все еще ниже некоторого, наперед заданного значения (как правило, это значение устанавливается равным 80 % от номинальной емкости);
- измерение внутреннего сопротивления;
- проверка саморазряда;
- быстрый заряд;
- разряд аккумулятора;

Среднее время обслуживания. Время обслуживания аккумуляторов анализатором зависит от многих факторов: от типа и параметров обслуживаемой программы, от емкости аккумулятора и его состояния. Так, например, типовая операция подготовка нового или долго хранившегося аккумулятора к работе с одновременной тренировкой аккумулятора заключается в проведении минимум двух - трех циклов заряда / разряда и занимает по времени от 4 до 24 и более часов. Вот почему на первый план так остро выступает проблема экспресс-анализа состояния аккумуляторов в течение нескольких минут. И тот, кто предложит действительно работоспособный метод быстрой оценки емкости и внутреннего сопротивления, получит неоспоримое преимущество на рынке анализаторов. Первый шаг в этом направлении уже сделан. Например, анализатор компании Cadex C7000 измеряет внутреннее сопротивление за пять секунд. Эта же компания "занесла ногу" для второго шага. Она заявила [2], что ее новый прибор C7200 будет оценивать емкость аккумулятора за 5 минут. Но C7200 уже появился на рынке, а обещанной возможности в нем пока еще нет. По информации фирмы Landata [3] гарантируется бесплатный апгрейд всем уже купившим и покупающим этот анализатор.

Первые упоминания о возможности быстрой оценки емкости аккумулятора прозвучали в статьях г-на Isidor Buchmann, CEO Канадской компании Cadex Electronics Inc. Впервые о реальной возможности применения этого метода в реальных приборах я узнал из личной переписки с ним еще в конце прошлого года, когда он сообщил, что практическая реализация данного метода планируется на февраль этого года. Но время вносит свои коррективы и, видимо, не такая уж это простая задача. Особенно, если учесть гигантские темпы роста объемов, разновидностей и типов аккумуляторов на рынке мобильных устройств. О принципах же, положенных в основу быстрой оценки состояния аккумулятора можно только догадываться. Они пока хранятся в тайне.

Индикация емкости аккумулятора. Возможны два варианта отображения конечной (реальной) емкости аккумулятора - в миллиамперах (амперах) и в процентах от номинального значения. Причем второй вариант более информативен, т.к. на многих типах аккумуляторов значение емкости бывает зашифровано в их обозначении и указание реальной емкости аккумулятора в мА*часах - ничего не говорит пользователю о его состоянии, если ему неизвестно ее номинальное значение.

Индикация значения внутреннего сопротивления аккумулятора. Поскольку диапазон возможных значений лежит от десятых долей Ом до нескольких Ом, то индикация осуществляется обычно в миллиОмах. Желательно периодическое измерение и вывод измеренного значения на индикацию в процессе обслуживания аккумулятора.

Метод заряда. Как правило, каждый производитель анализаторов отмечает, что его метод заряда наилучший. Существует много различных методов заряда NiCd или NiMH аккумуляторов, которые можно разделить на 3 основные группы: стандартный заряд - заряд постоянным током, равным 1/10 от величины номинальной емкости аккумулятора, в течение примерно 15 часов; быстрый заряд - заряд постоянным током, равным 1/3 от величины номинальной емкости аккумулятора в течение примерно 5 часов и ускоренный или дельта V заряд - заряд с начальным током заряда, равным величине номинальной емкости аккумулятора, при котором постоянно измеряется напряжение на аккумуляторе, и заряд заканчивается после того, как аккумулятор полностью заряжен. Время заряда примерно 1 час. А далее каждый изготовитель начинает модифицировать эти методы. В частности в анализаторах CASP/2000L (H) и Cadex C7000 используются короткие импульсы разряда между длинными зарядными импульсами. Считается, что такой метод заряда восстанавливает кристаллическую структуру кадмиевых анодов, устраняя тем самым "эффект памяти".

Как видим, анализаторы позволяют автоматически, относительно быстро и точно произвести оценку основных параметров аккумуляторов. Однако есть у них один существенный недостаток - дороговизна. Впрочем, если у Вас на балансе сотни и тысячи

аккумуляторов, то приобретение анализатора будет вполне оправданным.

При написании статьи использованы материалы, любезно предоставленные г-ном Isidor Buchmann, основателем и главой Канадской компании Cadex Electronics Inc. [1], компанией LANDATA [3].

Более подробная информация на русском языке об аккумуляторах для мобильной техники связи, компьютеров и других портативных приборов, советы по эксплуатации и обслуживанию приведены в [4]

О восстановлении аккумуляторов

Процент восстановленных аккумуляторов при использовании контролируемых циклов разряда / заряда зависит от типа электрохимической системы, количества уже отработанных циклов, метода обслуживания и возраста аккумулятора.

Ni-Cd. Наилучшие результаты достигаются при восстановлении NiCd аккумуляторов. Обычно от 60 % до 70 % отвергнутых NiCd аккумуляторов может быть восстановлено для полноценной эксплуатации при использовании тренировочных циклов и восстановительных методов, заложенных в анализатор аккумуляторов фирмы Cadex или ему подобный.

Однако не все аккумуляторы одинаково хорошо откликаются на тренировочные и восстановительные циклы. Старые могут показать низкие и непоследовательные (противоречивые) значения емкости после обслуживания, другие становятся еще хуже с каждым новым циклом. Такие результаты указывают на нестабильность аккумулятора, и подобные аккумуляторы должны быть заменены. Аналогия может быть проведена со старым человеком, для которого тренировки вредны.

Однако некоторые старые NiCd аккумуляторы после проведения обслуживания достаточно близко возвращаются к первоначальной емкости. При этом следует принять во внимание возможность наличия у них высокого саморазряда. Если есть сомнение, проведите испытание на саморазряд.

Ni-MH. Процент восстановления NiMH аккумуляторов оценивается примерно в 40 %. Более низкое значение обусловлено, частично, из-за сокращенного числа циклов разряда / заряда NiMH аккумуляторов по сравнению с NiCd. Из компании NTT, Япония, долгое время эксплуатирующей NiMH аккумуляторы, сообщили о хорошем проценте восстановления NiMH аккумуляторов в случае использования методов тренировки и восстановления компании Cadex. *(Из моей практики: процент восстановления NiMH аккумуляторов очень низок. Возможно вся причина этого заключается в том, что попадают они на восстановление уже безнадежно испорченными. Если бы аккумуляторы проходили периодическое обслуживание, то возможно процент восстановленных был бы близок к 40 %. Комментарий переводчика.)*

SLA. Процент восстановления SLA аккумуляторов мал и составляет около 15 %. В отличие от основанных на никеле аккумуляторов, восстановление SLA аккумуляторов не базируется на разрушении кристаллических образований, а скорее на восстановлении химического процесса. Причиной низкого значения емкости SLA аккумуляторов является их длительное хранение в разряженном состоянии и недостаточном заряде.

Li-ion. Уменьшение емкости Li-ion аккумуляторов складывается из восстанавливаемых и невозстанавливаемых потерь. Оптимальные способы восстановления восстанавливаемых потерь будут, вероятно, разработаны в ближайшем будущем. В настоящее время, надежных методов восстановления этих аккумуляторов нет.

При обслуживании Li-ion аккумуляторов с использованием анализатора аккумуляторов, цель обслуживания - не столько в восстановлении аккумуляторов, утративших емкость из-за эффекта памяти (Li-ion аккумуляторы не подвержены этому эффекту), сколько в проверке новых

аккумуляторов на соответствие спецификациям изготовителя прежде, чем истечет гарантия, и прополке "сухостоя", как только емкость упала ниже приемлемого целевого значения. Обслуживание аккумуляторов также помогает в идентификации неисправных зарядных устройств. (Кстати анализатор [Cadex 7000](#) Li-ion аккумуляторы именно проверяет, а не восстанавливает. Хотя, как утверждает специалист одной известной в Москве и России фирмы, в Москве якобы есть человек, который производит с помощью этого анализатора их восстановление. Лично мне это не удалось. На просьбу - свести с этим человеком - ответа пока нет. **Комментарий переводчика.**)

Обычно задают вопрос - " Будет ли восстановленный аккумулятор таким же, как новый? " В этом случае уместно сравнение с заменой дефектной детали в машине. Только замененная деталь нова; остальная же часть машины остается в прежнем состоянии. Если аккумулятор содержит сепаратор, который был поврежден избыточной высокой температурой или испорчен неконтролируемыми кристаллическими образованиями, то эта часть аккумулятора естественно улучшаться не будет. В тоже время разрушение кристаллических образований в NiCd или NiMH аккумуляторах может рассматриваться как полное восстановление. Однако этот процесс со временем произойдет заново, в случае, если аккумулятор не будет периодически подвергаться требуемому обслуживанию.

Эта информация - отрывок из книги "Batteries in a Portable World "by Isidor Buchmann.

Основные преимущества анализатора Cadex 7000 по сравнению с другими:

- Проверка аккумуляторов в 2 - 3 раза быстрее, чем на анализаторах с фиксированными значениями тока заряда / разряда.
- Простая модернизация для обеспечения возможности обслуживания новых типов аккумуляторов и аккумуляторов новых электрохимических систем. Своевременное предложение производителем адаптеров для вновь появляющихся аккумуляторов и обновление программного обеспечения анализатора.
- Более 600 сменных легко устанавливаемых в анализатор аккумуляторных адаптеров.
- Хранение в каждом адаптере до 10 уникальных наборов параметров для обслуживания аккумуляторов с одинаковыми присоединительными размерами с возможностью изменения параметров пользователями с помощью клавиатуры.
- Информация об аккумуляторе запоминается в адаптере. Запомненная информация включает: тип электрохимической системы, напряжение, емкость (мА*час), значения токов заряда / разряда, метод заряда, напряжение окончания разряда и другие. · Наличие сервисных программ, автоматизирующих часто повторяющиеся при повседневном обслуживании операции. Например: "Prime" готовит новые или долго хранившиеся аккумуляторы к эксплуатации; "Auto" восстанавливает слабые аккумуляторы и т.д.
- Возможность установки контрольного значения емкости позволяет автоматизировать обслуживание аккумулятора. Аккумуляторы, емкость которых не достигает контрольного значения, автоматически восстанавливаются во время сервисной программы "Auto".
- Восстановление аккумуляторов на основе никеля по специальному алгоритму.
- Индикация емкости аккумулятора в процентах от номинального значения, что значительно облегчает работу оператора. · Уникальный метод "OhmTest" - измеряет внутреннее сопротивление аккумулятора в течение пяти секунд.
- Реверсивный метод заряда оптимизирует состояние аккумулятора и продлевает срок его жизни.
- Распознавание и индикация более 30 неисправностей аккумулятора.
- Сохранение данных при пропадании питания и возобновление обслуживания аккумуляторов после его восстановления. · Программное обеспечение BatteryShop™ для PC обеспечивает простой и мощный сетевой интерфейс, с возможностью управления и контроля 120 анализаторами Cadex C7000. База данных программного обеспечения содержит предопределенные испытательные алгоритмы на 2000 с лишним разновидностей аккумуляторов.
- Трехлетняя гарантия. Словом, анализатор Cadex C7000 - это надежный прибор с широкими функциональными возможностями. Он удобен в работе, позволяет значительно упростить и автоматизировать процесс обслуживания аккумуляторов, быстро окупает вложенные в него средства.