

Аккумуляторы:

проверенный и эффективный источник энергии

В статье рассмотрены основные типы и виды аккумуляторов — Li-Ion, NiMH, Li-Po, их достоинства и недостатки.

Краткая история аккумулятора

Первый аккумулятор на основе свинцовой кислоты был создан во Франции в середине XIX века. Раньше все батареи (вернее, элементы) были первичными, это означало, что их невозможно перезарядить.

В 1899 году Вальдемар Юнгнер из Швеции изобрел никель-кадмиевую (NiCd) батарею, в которой в качестве положительного электрода (анода) использовался кадмий, а в качестве отрицательного электрода (катода) — никель. Однако высокая стоимость материала по сравнению со свинцом ограничивала ее использование. Тем не менее NiCd был единственным аккумулятором для переносных устройств. В 90-х годах XX века экологи в Европе забеспокоились о вреде, наносимом неосторожной утилизацией NiCd. Директива относительно батарей 2006/66/ЕС в настоящее время ограничивает продажу аккумуляторов NiCd в Европейском союзе, за исключением специальных промышленных применений, в которых они не могут быть заменены. Альтернативой является никель-металлогидридный (NiMH) аккумулятор, более экологически чистый и сходный с NiCd.

Сегодня большая часть исследований сосредоточена на улучшении литиевых систем, впервые выведенных на рынок компанией Sony в 1991 году. Помимо питания мобильных телефонов, ноутбуков, цифровых фотоаппаратов, электроинструментов и медицинских устройств, литий-ионные аккумуляторы также используются в электромобилях и спутниках. Этот аккумулятор имеет много преимуществ,

в частности высокую удельную энергию, простоту зарядки, низкие эксплуатационные расходы и экологичность.

Рынок вторичных батарей (аккумуляторов)

Подсчитано, что к 2026 году литий-ионные аккумуляторы будут составлять до 70% всего рынка, а свинцово-кислотные — еще примерно 20%. Объем производства литий-ионных аккумуляторов в 2020 году составлял \$40,8 млрд, и ожидается, что к 2026 году он достигнет \$100,3 млрд. Движущим фактором рынка аккумуляторов является растущий спрос на переносные электронные устройства. Смартфоны и ноутбуки широко распространены не только в развитых странах, но и во всем мире. Рынок постоянно растет, и в то же время упор делается на защиту окружающей среды и роль, которую должны играть производители электронного оборудования и компонентов, таких как аккумуляторы.

Характеристики аккумуляторов

При выборе аккумулятора необходимо учитывать следующие характеристики:

1. Вид.
2. Напряжение.
3. Кривая разряда. Она представляет собой график зависимости напряжения от емкости в процентах. Желательна плоская кривая разряда, поскольку это означает, что напряжение остается постоянным по мере разряда аккумулятора.
4. Емкость. Теоретическая емкость батареи — это количество электрической энергии, участвующей в электрохимической реакции.
5. Удельная плотность энергии — это энергия, приходящаяся на единицу массы элемента (иногда на единицу массы активного материала электрода). Это произведение удельной емкости и рабочего напряжения за один полный цикл разрядки.
6. Плотность мощности. Это мощность, приходящаяся на единицу массы элемента (Вт/кг).
7. Температурная зависимость. Согласно кинетическим теориям, скорость реакции в элементе



Рис. 1. Типы аккумуляторов

- зависит от температуры. Внутреннее сопротивление также изменяется вместе с температурой; при низких температурах внутреннее сопротивление повышается. При очень низких температурах электролит может замерзнуть, что приведет к снижению напряжения, поскольку движение ионов затруднено. При очень высоких температурах химические вещества могут разлагаться, или доступной энергии может быть достаточно для активации нежелательных обратимых реакций, снижающих производительность.
- Срок службы. Жизненный цикл перезаряжаемой батареи определяется как количество циклов зарядки/разрядки, которое может выполнить внешний аккумулятор, прежде чем его емкость упадет до 80% от первоначального значения. Обычно это 500–1200 циклов.
 - Физические требования. Ими являются геометрия элемента, его размер, вес и форма, а также расположение клемм.
 - Цикл зарядки/разрядки. Необходимо учитывать множество аспектов цикла, например:
 - напряжение, необходимое для зарядки;
 - время, необходимое для зарядки;
 - доступность источника зарядки;
 - потенциальная угроза безопасности во время зарядки/разрядки.
 - Жизненный цикл. Это количество циклов разрядки/зарядки, которое может пройти аккумулятор, прежде чем его емкость упадет до 80%.
 - Расходы. Сюда входит начальная стоимость самого аккумулятора, а также стоимость его зарядки и обслуживания.
 - Стойкость к глубокой разрядке. Между глубиной разрядки и сроком службы аккумулятора существует логарифмическая зависимость, поэтому срок службы аккумулятора может быть значительно увеличен, если он не разряжается полностью. Например, аккумулятор мобильного телефона прослужит в 5–6 раз дольше, если перед подзарядкой он будет разряжаться только до 80%. Для приложений, где это может быть необходимо, предлагаются специальные аккумуляторы глубокой разрядки.
 - Требования, предъявляемые приложением. Аккумулятора должно хватить для предполагаемого применения. Это означает, что он должен обеспечивать необходимый ток при соответствующем напряжении, а также иметь соответствующую емкость, энергию и мощность. Он не должен слишком сильно превышать требования приложения, так как это может привести к ненужным расходам, а обеспечивать достаточную производительность при минимально возможной цене.

Никель–металлогидридные (NiMH) аккумуляторы

В течение 50 лет переносные устройства работали почти исключительно на аккумуляторах, основанных на никеле и кадмии (NiCd), но в 90-х годах лидерство перехватили никель–металлогидридные (NiMH) аккумуляторы, чтобы решить проблему токсичных, хотя и прочных никель–кадмиевых аккумуляторов (рис. 3). Элементы аналогичны по конструкции никель–кадмиевым аккумуляторам и предлагаются в корпусах всех типов (кнопочных, цилиндрических, призматических и прямоугольных).



Рис. 2. Заряд аккумуляторов

Преимущества никель–металлогидридных (NiMH) аккумуляторов

- Емкость на 30–40% выше, чем у стандартного NiCd.
- Менее подвержен «эффекту памяти» по сравнению с NiCd.
- Простое хранение и транспортировка; не подлежит нормативному контролю.
- Экологически чистый, содержит только слабые токсины.
- Содержание никеля делает вторичную переработку рентабельной.

Недостатки никель–металлогидридных (NiMH) аккумуляторов

- Ограниченный срок службы; глубокая разрядка сокращает срок службы.
- Требуется сложный алгоритм зарядки.
- Плохо справляется с перезарядкой; поддерживающая зарядка должна быть на низком уровне.
- Вырабатывает тепло во время быстрой зарядки и разрядки при большой нагрузке.
- Высокая саморазрядка; химические добавки уменьшают саморазрядку за счет емкости.
- Производительность падает, если аккумулятор хранится при повышенных температурах. Он должен храниться в прохладном месте, на уровне 40% от полной зарядки.

Литий–ионные аккумуляторы (Li-Ion)

Изобретателем литий–кобальт–оксидного элемента считается Джон Б. Гуденаф (1922). Однако годом ранее компания Sony объявила о получении международного патента на литий–кобальт–оксидный катод. Последовали годы судебных тяжб, но Sony удалось сохранить патент.

Ключом к более высокой плотности энергии этого типа аккумуляторов является высокое напряжение элемента, равное 3,6 В. За счет улучшения активных материалов и электролитов можно еще больше увеличить плотность энергии. Нагрузочные характеристики хорошие, а плоская кривая разрядки обеспечивает эффективное использование накопленной энергии в требуемом и плоском спектре напряжения 3,7–2,8 В/элемент. В 1994 году стоимость производства литий–ионного цилиндрического элемента 18650 составляла более \$10, а емкость — 1100 мА·ч. В 2001 году цена упала ниже \$3, а емкость выросла до 1900 мА·ч. Низкие затраты, повышенная удельная энергия и отсутствие токсичных материалов сделали литий–ионные аккумуляторы широко распространенными в переносных устройствах, тяжелой промышленности, электрических силовых установках и спутниках.

Li-Ion — это аккумулятор с низкими затратами на обслуживание, что является преимуществом, отсутствующим у большинства других химических веществ (рис. 4). Аккумулятор не имеет памяти и не требует обслуживания (полной разрядки) для поддержания его в хорошем состоянии. Саморазрядка более чем вдвое меньше, нежели у систем на основе никеля, что помогает при использовании счетчиков электроэнергии. Номинальное напряжение ячейки 3,6 В может напрямую питать мобильные телефоны, планшеты и цифровые камеры, что ведет к упрощению и снижению затрат по сравнению с многоячеечными батареями. К недостаткам следует отнести необходимость применения защитных схем для предотвращения возможного самовоспламенения или взрыва. Дополнительный недостаток — высокая цена.

Литий–ионные аккумуляторы делятся на виды в зависимости от используемых в них электрохимических систем:

- (+) MLi/органический электролит/С (–), где буква М означает базовый металл электрода;
- С — кобальт;
- N — никель;
- M — марганец;
- V — ванадий;
- T — титан.

Литий–ионные аккумуляторы имеют герметичные корпуса, внутри которых находятся защитные схемы. Электродные материалы наносятся на очень тонкую фольгу (медь и алюминий), разделенную сепаратором.

Преимущества литий-ионного аккумулятора (Li-Ion)

1. Высокая удельная энергия.
2. Относительно низкая саморазрядка; менее половины NiCd и NiMH.
3. Низкие затраты на обслуживание. Периодическая разрядка не нужна; отсутствует память.

Недостатки литий-ионного аккумулятора (Li-Ion)

1. Требуется схема защиты для ограничения напряжения и тока.
2. Подвержен старению, даже когда не используется (старение происходит во всех аккумуляторах, и современные системы Li-Ion имеют такой же срок службы, как и системы с другими химическими веществами).
3. Для аккумуляторов этого типа требуется соблюдение строгих правил транспортировки.

Литий-полимерный аккумулятор (Li-Po)

В начале XXI века стала широко обсуждаться тема ион-полимерных аккумуляторов. Однако у многих пользователей возникает проблема отличить обычный литий-ионный аккумулятор от аккумулятора с полимерной архитектурой. Литий-полимерный отличается от других аккумуляторных систем типом используемого электролита (рис. 5). В оригинальном полимере 1970-х годов используется твердый (сухой) полимерный электролит, напоминающий пленку, похожую на пластик. Этот изолятор обеспечивает ионный обмен и заменяет традиционный пористый сепаратор, пропитанный электролитом. Твердый полимер имеет слабую проводимость при комнатной температуре, и для протекания тока аккумулятор необходимо подогреть до +50...+60 °C (122–140 °F). Чтобы современный литий-полимерный элемент мог проводить при комнатной температуре, его превратили в гель.

Правильный термин — «литий-ионный полимер», или «литиевый полимер». Li-полимер может быть создан на многих систе-



Рис. 3. NiMH-аккумулятор ACCU-1/V500HT



Рис. 4. Li-Ion-аккумулятор ACCU-14500-08-2A

мах, таких как Li-кобальт, NMC, Li-фосфат и Li-марганец. По этой причине литий-полимерный аккумулятор не считается уникальным по сравнению с литий-ионными аккумуляторами. Большинство вторичных литий-полимерных аккумуляторных батарей, предназначенных для потребительского рынка, основано на литий-кобальтовых системах. Для пользователя литий-полимерный аккумулятор в целом не отличается от литий-ионного. В обеих системах предусмотрен одинаковый катодный и анодный материал, они содержат одинаковое количество электролита. Хотя характеристики и производительность обеих систем схожи, литиевый полимер уникален тем, что представляет собой микропористый электролит, заменяющий традиционный пористый сепаратор. Железоподобный электролит становится катализатором, улучшающим электропроводность. Литиевый полимер имеет несколько более высокую удельную энергию, а аккумуляторы с ним могут быть тоньше, чем обычные литий-ионные. При этом стоимость его производства на 10–30% выше. Несмотря на более высокую цену, доля литий-полимерных элементов на рынке растет. Они также производятся в гибкой оболочке из пленки (полимерный ламинат или пакетик), напоминающей упаковку для пищевых продуктов. В то время как стандартный литий-ионный аккумулятор требует жесткого корпуса, чтобы сжать электроды вместе, в литий-полимерном применяются

ламинированные листы, не требующие сжатия. Такой корпус из пленки снижает вес более чем на 20%. Кроме того, тонкопленочная технология не предъявляет требований к форме, и аккумулятору можно придать любую форму, точно соответствующую стильным мобильным телефонам и ноутбукам, чтобы сделать их меньше, тоньше и легче. Li-полимер может быть очень тонким и напоминать кредитную карту. Зарядно-разрядные характеристики литиевого полимера идентичны параметрам других литий-ионных систем и не требуют специального зарядного устройства. Вопросы безопасности также схожи.

Повторная переработка

Использование литий-ионных аккумуляторов в бытовой электронике и электромобилях в последние годы быстро растет. Этот повышенный спрос значительно стимулировал производство литий-ионных аккумуляторов, что привело к увеличению количества использованных аккумуляторов, которые становятся отходами.

Не следует забывать, что все аккумуляторы содержат не только очень вредные вещества, которые не должны попадать в почву и грунтовые воды, но и компоненты, пригодные для повторного использования.

Ваши аккумуляторы будут безопасно переработаны, если вы отнесете их в пункт сбора опасных отходов или в магазин, который собирает аккумуляторы для вторичной переработки. Чтобы сделать это правильно, необходимо предпринять следующие шаги.

1. Соберите и рассортируйте аккумуляторы по типу.
2. Заклейте лентой все клеммы аккумулятора. Это предотвратит их замыкание и генерирование тепла или огня.
3. Отсортированные и предохраненные таким образом аккумуляторы сдайте в предназначенное для этого место.

Литература

1. www.tme.eu/ru/news/library-articles/page/44796/typ-i-vidy-akkumulatorov-akkumulator-li-ion-akkumulator-ni-mh-akkumulator-li-po/

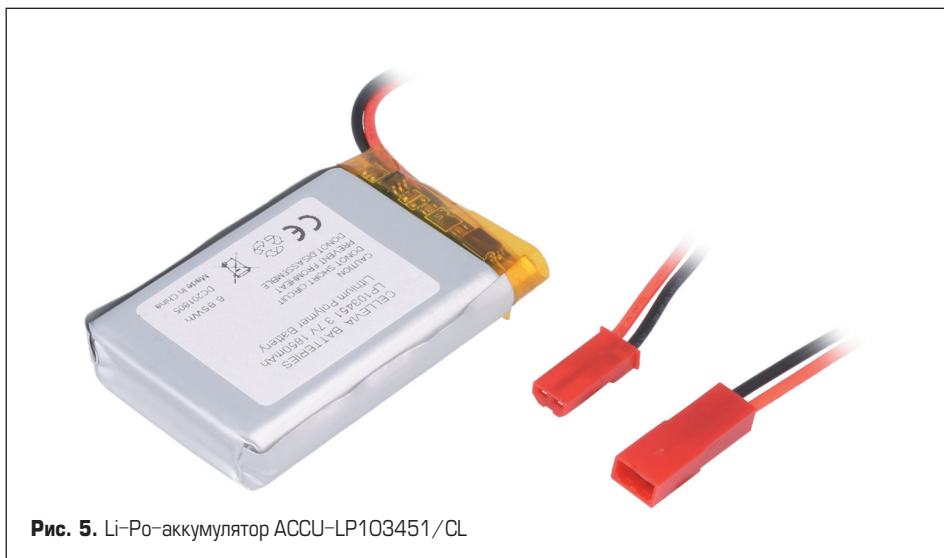


Рис. 5. Li-Po-аккумулятор ACCU-LP103451/CL