

СОВРЕМЕННЫЕ МОДИФИКАЦИИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Кондратьев Т. Д., Каплин Р. В.

Бычек И. В. – канд. техн. наук, доцент

Представлены современные модификации литий-ионных аккумуляторов. Приведены характеристики, рассмотрены основные достоинства и недостатки.

Современные литий-ионные аккумуляторы имеют множество подтипов, основные отличия которых заключаются в составе катода. Также может изменяться состав анода для полной замены графита или использования графита с добавлением других материалов [1, 2].

Литий-кобальтовые (LiCoO₂). Обладает высокой удельной энергией, что делает литий-кобальтовый аккумулятор востребованным в компактных высокотехнологичных устройствах. Катод батареи состоит из оксида кобальта, анод – из графита. Катод имеет слоистую структуру и во время разряда ионы лития перемещаются от анода к катоду. Недостатком этого типа является относительно короткий срок службы, невысокая термическая стабильность и лимитированная мощность элемента. Литий-кобальтовые батареи не могут разряжаться и заряжаться током, превосходящим номинальную емкость. Если для заряда будет применяться большая сила тока, то это вызовет перегрев. Оптимальный зарядный ток составляет 80% емкости. Каждый литий-кобальтовый аккумулятор комплектуется схемой защиты, которая ограничивает заряд и скорость разряда и лимитирует ток на уровне 1 емкости.

Литий-марганцевые (LiMn₂O₄). Компания *Moli Energy* в 1996 году выпустила первые партии аккумуляторов на основе литий-оксид-марганца в качестве материала катода. Такая архитектура формирует трехмерные структуры марганцевой шпинели, что улучшает поток ионов к электроду, тем самым снижая внутреннее сопротивление и повышая возможные токи заряда. Также преимущество шпинели состоит в термической стабильности и повышенной безопасности, однако циклический ресурс и срок службы ограничен. Применяется для мощных электроинструментов, медицинского оборудования, а также гибридных и электрических транспортных средств. Потенциал литий-марганцевых аккумуляторов примерно на 30% ниже по сравнению с литий-кобальтовыми батареями, однако эта технология обладает примерно на 50% лучшими свойствами, чем аккумуляторы на основе никелевых химических компонентов. Гибкость конструкции позволяет инженерам оптимизировать свойства батареи и достичь длительного срока службы, высокой емкости, возможности обеспечивать максимальный ток.

Никель-марганец-кобальтовые (LiNiMnCoO₂). Ведущие производители литий-ионных батарей сосредоточились на сочетании никеля-марганца-кобальта (*NMC*) в качестве материалов катода. Похожий на литий-марганцевый тип, эти аккумуляторы могут быть адаптированы для достижения показателей высокой удельной энергии или высокой удельной мощности, однако, не одновременно. Особенность *NMC* заключается в сочетании никеля и марганца, в качестве примера можно привести поваренную соль, основные ингредиенты которой – натрий и хлор, которые в отдельности являются токсичными веществами. Никель известен своей высокой удельной энергией, но низкой стабильностью. Марганец имеет преимущество формирования структуры шпинели и обеспечивает низкое внутреннее сопротивление, но при этом обладает низкой удельной энергией. Комбинируя эти два металла, можно получать оптимальные характеристики *NMC* аккумулятора для разных режимов эксплуатации. *NMC* аккумуляторы прекрасно подходят для электроинструмента, электровелосипедов и других силовых агрегатов. Сочетание материалов катода: треть никеля, марганца и кобальта обеспечивают уникальные свойства, а также снижают стоимость продукта в связи с уменьшением содержания кобальта.

Литий-железо-фосфатные (LiFePO₄). Литий-фосфат предлагает хорошие электрохимические характеристики с низким сопротивлением. Это стало возможным с нано-фосфатом материала катода. Основными преимуществами являются высокий протекающий ток и длительный срок службы, хорошая термическая стабильность и повышенная безопасность. Литий-железо-фосфатные аккумуляторы терпимее к полному разряду и менее подвержены «старению», чем другие литий-ионные системы. Также они более устойчивы к перезаряду, но, как и в других аккумуляторах литий-ионного типа, перезаряд может вызвать повреждение. Литий-железо-фосфатные аккумуляторы не содержат кобальт, что существенно снижает стоимость продукта и делает его более экологически чистым. В процессе разряда аккумулятор обеспечивает высокий ток, а также может быть заряжен номинальным током всего за один час до полной емкости. Эксплуатация при низких температурах окружающей среды снижает производительность, а при температуре выше 35°C несколько сокращается срок службы, но показатели намного лучше, чем у свинцово-кислотных, никель-кадмиевых или никель-металлогидридных аккумуляторов. Литий-фосфат имеет больший саморазряд, чем другие литий-ионные аккумуляторы.

Литий-никель-кобальт-алюминиевые (LiNiCoAlO₂). Литий-никель-кобальт-оксид-алюминиевые батареи (*NCA*) обеспечивают высокую удельную энергию и достаточную удельную мощность, а также длительный срок службы. Однако существуют риски воспламенения, вследствие чего был добавлен алюминий, который обеспечивает более высокую стабильность электрохимических процессов, протекающих в аккумуляторе при высоких токах разряда и заряда.

Литий-титанатные (Li₄Ti₅O₁₂). В таких аккумуляторах катод состоит из графита, анод – литий-титанат.

Они имеют сходство с архитектурой типичной литий-металлической батареи. Литий-титанатные аккумуляторы отличаются повышенным циклическим ресурсом по сравнению с другими литий-ионными видами батарей. Обладают высокой безопасностью, а также способны работать при низких температурах (до минус 30°C) без ощутимого снижения рабочих характеристик. Недостаток заключается в достаточно высокой стоимости, а также в небольшом показателе удельной энергии. Области применения: электрические силовые агрегаты

Таблица – Сравнительная характеристика литий-ионных аккумуляторов

Тип	LiCoO ₂	LiMn ₂ O ₄	LiNiMnCoO ₂	LiFePO ₄	LiNiCoAlO ₂	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂
Напряжение элемента, В	3,6	3,7	3,6-3,7	3,2	3,6	2,4
Циклический ресурс, D.O.D = 80%	700-1000	1000-2000	1000-2000	1000-2000	1000-2000	5000-8000
Диапазон рабочих температур, °C	-10...+60	-10...+45	-10...+55	-10...+60	-10...+55	-10...+45
Срок службы, лет при +20°C	5-7	10	10	20-25	20-25	18-25
Максимальный ток разряда	1C	10C/30C 5с	2C	25-30C	1C	10C/30C 5с
Максимальный ток заряда	0.7-1C	0.7-1C	0.7-1C	1C	0.7C	1C
Минимальное время заряда, ч	2-3	2-2.5	2-3	2-3	2-3	2-3
Стоимость	высокая	средняя	средняя	низкая	средняя	высокая

и источники бесперебойного питания.

Сравнительная характеристика литий-ионных аккумуляторов приведена в таблице.

Из таблицы видно, что литий-ионные аккумуляторы имеют самые разнообразные характеристики, благодаря чему область их применения обширна.

Список использованных источников:

1. Abramova, O. Виды и типы аккумуляторных батарей / O. Abramova // Best Energy. 25 июня 2015, 19:00. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://best-energy.com.ua/support/battery/414-vidy-i-tipy-akkumulyatornykh-batarej-v-podrobnostyakh%23battery-info-Lithium-ion>. – Дата доступа: 09.12.2017.

2. Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы / Аккумуляторы, батарейки и другие источники питания // PowerInfo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php>. – Дата доступа : 09.12.2017.