

4SBLi-7A5021 (PCM-Li04S7-256)

КОНТРОЛЛЕР

ЗАРЯДА И РАЗРЯДА

ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ



РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Введение:

Уважаемый покупатель!

Для сохранения устройства и облегчения его использования мы настоятельно рекомендуем тщательно прочитать это руководство перед началом эксплуатации и соблюдать его, чтобы не подвергать риску своё здоровье и техническое состояние изделия, т.к. неправильное обращение с устройством может привести к травмам или его повреждению.

Предупреждения:

1. Все устройства проверены перед упаковкой. При несоблюдении инструкции производитель и дистрибьютор не несут ответственности за повреждения, полученные в результате неправильного обращения.

2. Перед покупкой обязательно проверяйте внешний вид и комплектацию устройства.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АККУМУЛЯТОРАХ

Прогресс идёт вперёд, и на смену традиционно используемым NiCd (никель-кадмиевым) и NiMH (никель-металлогидридным) мы получили возможность использовать литиевые аккумуляторы. При сравнимом весе одного элемента они имеют большую, по сравнению с NiCd и NiMH ёмкость, кроме того, напряжение элемента у них в три раза выше – 3,6 В на один элемент вместо 1,2 В. Так что для большинства моделей достаточно батареи из двух или трёх элементов.

Среди литиевых аккумуляторов различают два основных типа - литий-ионные (Li-Ion) и литий-полимерные (LiPo, Li-Po или Li-Pol). Разница между ними – в типе используемого электролита. В случае Li-Ion – это гелевый электролит, в случае Li-Po – специальный полимер, насыщенный литийсодержащим раствором. Но для использования в силовых установках моделей наибольшее распространение получили литий-полимерные аккумуляторы, так что в дальнейшем разговор пойдёт именно о них. Впрочем, жёсткое разделение тут весьма условно, так как оба типа отличаются в основном используемым электролитом, и всё, что будет сказано про литий-полимерные аккумуляторы, практически в полной мере относится и к литий-ионным (заряд, разряд, особенности эксплуатации, техника безопасности). С практической точки зрения нас волнует только тот момент, что литий-полимерные аккумуляторы в настоящий момент обеспечивают более высокие разрядные токи. Поэтому на модельном рынке в качестве источника энергии для силовых установок в основном предлагают именно их.

Основные характеристики

Литий-полимерные аккумуляторы при одинаковом весе превосходят по энергоёмкости NiCd в 4...5 раз, NiMH в 3...4 раза. Количество рабочих циклов 500 – 600, при разрядных токах в 2С до потери ёмкости в 20% (для сравнения – у NiCd – 1000 циклов, у NiMH – 500). Вообще

говоря, каких-либо данных по количеству рабочих циклов пока ещё очень мало и к приведённым в данном случае их характеристикам необходимо относиться критически. Кроме того, технология их изготовления совершенствуется, и возможно, что в данный момент цифры по этому типу аккумуляторов уже другие. Так же, как и все аккумуляторы, литиевые подвержены старению. Через 2 года батарея теряет около 20% ёмкости.

Из всего многообразия силовых литий-полимерных аккумуляторов, имеющих в продаже, можно выделить две основные группы – быстроразрядные (Hi discharge) и обычные. Отличаются они между собой максимальным разрядным током – его указывают или в амперах, или в единицах ёмкости аккумулятора, обозначаемой буквой "С". Например, если ток разряда 3С, а ёмкость аккумулятора – 1 А*ч, то ток будет равен 3 А.

Максимальный ток разряда обычных аккумуляторов, как правило, не превышает 3С, некоторые производители указывают 5С. Быстроразрядные аккумуляторы допускают ток разряда до 8С...10С. Такие аккумуляторы несколько тяжелее своих слаботочных собратьев (примерно на 20%), и в названии у них после цифр ёмкости присутствуют буквы HD или HS, например ККМ1500 – обычный аккумулятор ёмкостью 1500 мА*ч, а ККМ1500HD – такой же, только быстроразрядный. Хочется сразу сделать небольшое замечание для любителей экспериментов. В бытовой технике быстроразрядные аккумуляторы не применяются. Поэтому если вас посетит идея добыть по дешёвке аккумулятор из сотового телефона или видеокамеры, то на хороший результат тут рассчитывать сложно. Скорее всего, такая батарея очень быстро умрёт из-за нарушения предусмотренных режимов эксплуатации.

Области применения и стоимость

Применение литий-полимерных аккумуляторов позволяет решить две важные задачи - увеличить время работы мотора и снизить вес батареи.

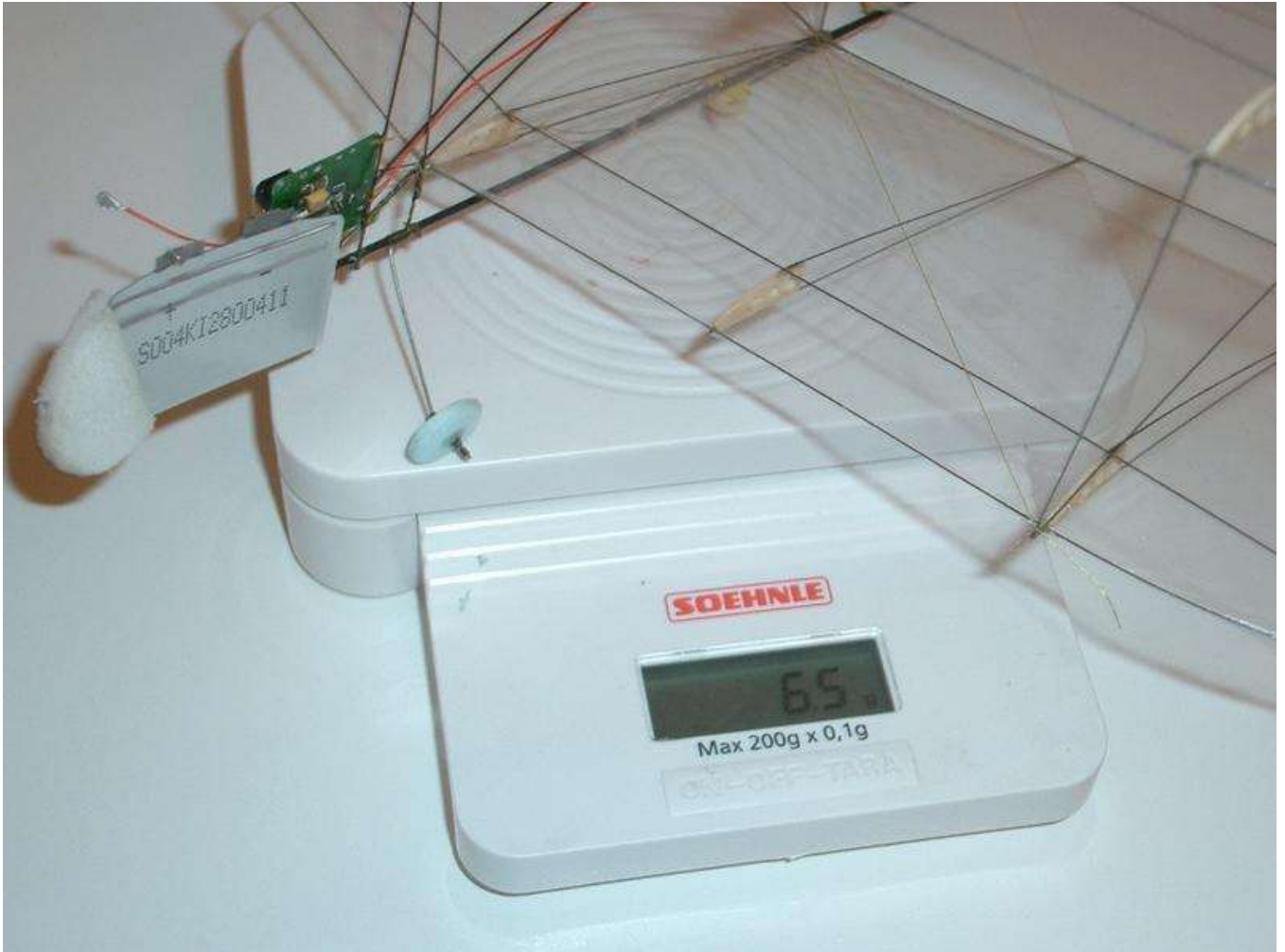
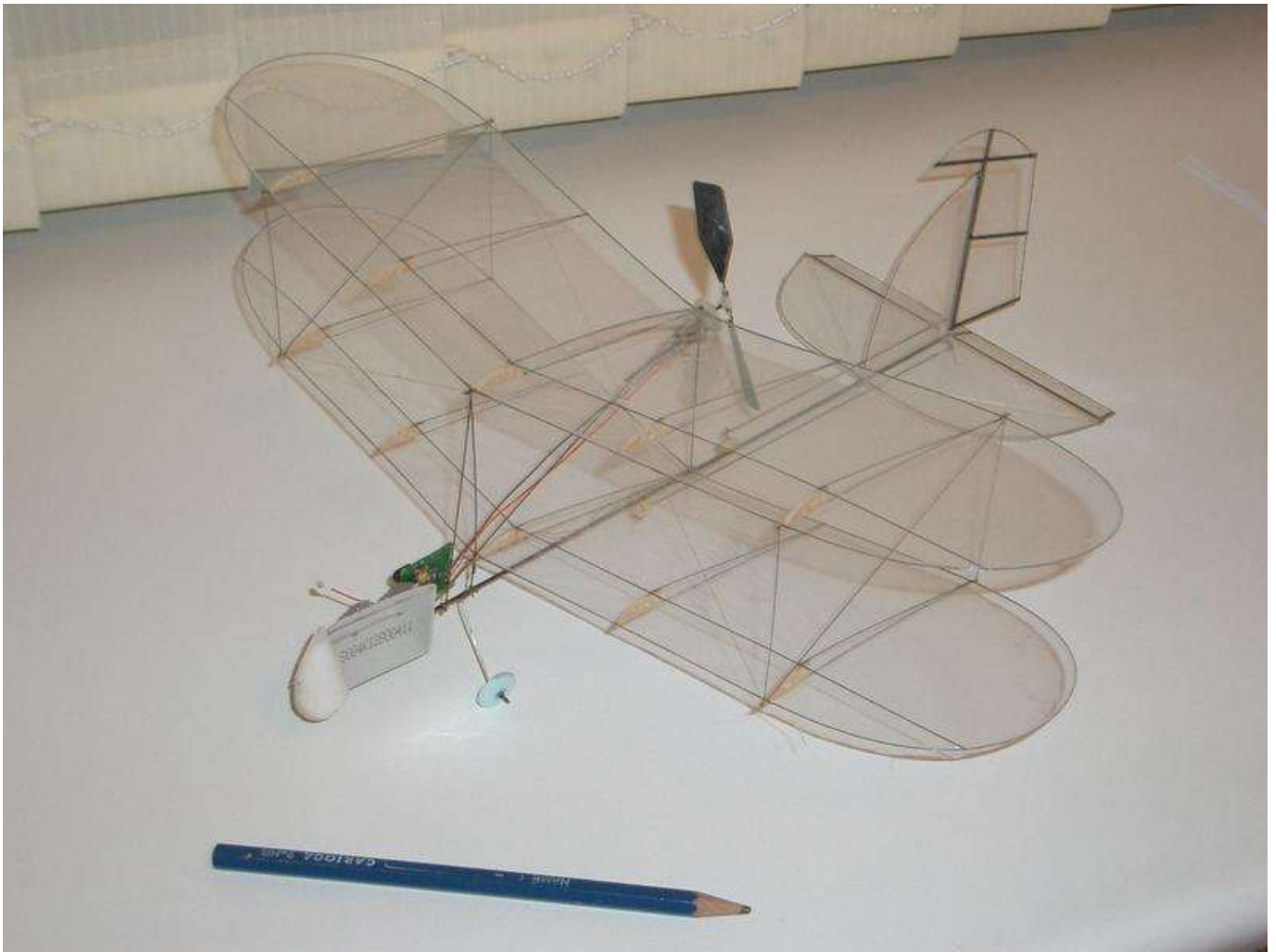


При замене батареи 8,4 В NiMH 650 мА*ч двумя обычными, не быстроразрядными литиевыми аккумуляторами ёмкостью 2 А*ч, получаем батарею в 3 раза большей ёмкости, легче на 11 г и с несколько меньшим напряжением (7.2 вольта)! А если использовать быстроразрядные аккумуляторы, вот тогда и большие самолёты могут летать, не уступая в энерговооружённости ДВС-у. В подтверждение этому, 7-е место в первенстве мира по пилотажным моделям F3A занял американец на электrolёте. Причём это была не маленькая жужжалка, а нормальный двухметровый самолёт, как у остальных участников, имевших модели с двигателями внутреннего сгорания!



Очень хорошо зарекомендовали себя литий-полимерные аккумуляторы на небольших вертолётах, таких, как Piccolo или Hummingbird – например, даже при использовании стандартного коллекторного мотора время полёта на двух банках ёмкостью 1 А*ч составляет более 25 минут! А при замене мотора на бесколлекторный – более 45 минут!

И, конечно, литиевые аккумуляторы просто незаменимы, когда речь идёт о комнатных самолётах весом 4...20 г. В этой области NiCd с ними сравниться не может – просто нет таких батарей (например, вес 45 мА*ч банки – 1 г, 150 мА*ч – 3,2 г), которые при столь малом весе давали бы необходимую мощность – пусть даже в течение 1 минуты!



Единственная область, где пока литий-полимерные аккумуляторы уступают Ni-Cd – это область супервысоких (40С...50С) разрядных токов. Но прогресс идёт вперёд, и, может быть, через пару лет мы услышим про новые успехи в этой области – ведь 2 года назад про быстроразрядные литиевые аккумуляторы тоже никто не слышал...

Вот, для примера, основные характеристики Li-Po аккумуляторов Kokam:

Название	Ёмкость [mA*h]	Размеры [мм]	Вес [г]	Максимальный ток [A; C]
Kokam 145	145	27,5 × 20,4 × 4,3	3,5	0,7A ; 5C
Kokam 340SHC	340	52 × 33 × 2,8	9	7A ; 20C
Kokam 1020	1020	61 × 33 × 5,5	20,5	3A ; 3C
Kokam 1500HC	1500	76 × 40 × 6,5	35	12A ; 8C
Kokam 1575	1575	74 × 41 × 5,5	32	7A ; 5C

По цене, в пересчёте на ёмкость, литий-полимерные аккумуляторы стоят примерно столько же, сколько NiMH.

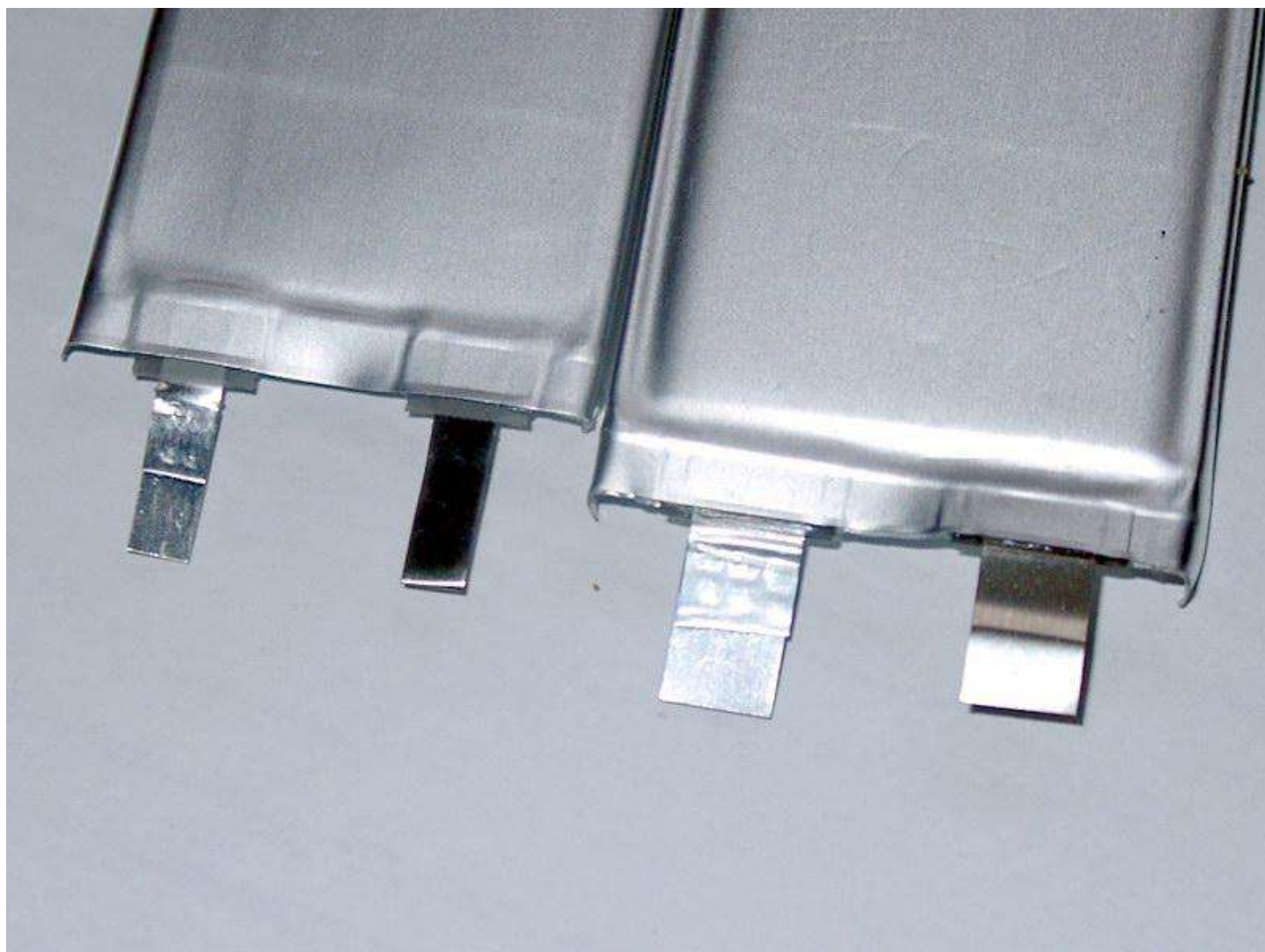
Производители

В настоящее время существует несколько фирм-производителей литий- полимерных аккумуляторов. Лидером по количеству выпускаемых аккумуляторов и одним из первых по качеству является Kokam. Также известны фирмы Thunder Power, I-Rate , E-Tec, и Tanic (предположительно, это второе название Thunder Power или же это один из продавцов Thunder Power под своим названием). Посмотреть типы Kokam-а можно на сайте www.fmadirect.com, батареи разных производителей предлагаются на сайте www.b-p-p.com и www.lightflightrc.com.

Есть ещё Platinum Polymer, предлагаемый на сайте www.batteriesamerica.com, предположительно – это другое название I-Rate.

Ассортимент ёмкости аккумуляторов весьма широк – от 50 до 3000 mA*ч. Для получения больших ёмкостей используют параллельное соединение аккумуляторов.

По форме все батареи плоские. Как правило, их толщина меньше самой короткой стороны более чем в 3 раза, и выводы делаются с короткой стороны в виде плоских пластин.



I-Rate, насколько нам известно, быстроразрядных аккумуляторов пока не делает, и их аккумуляторы имеют одну особенность: один из электродов у них алюминиевый, и паять его проблематично. Это делает их неудобными при самостоятельной сборке батареи.

Аккумуляторы E-Tec – нечто среднее, они не заявлены как быстроразрядные, но ток их разряда выше, чем у обычных – 5С...7С.

Лидерами по популярности являются Kokam и Thunder Power, причем Kokam в основном используют в лёгких и средних моделях, а Thunder Power на средних, больших и гигантских (более 10 кг!). Очевидно, это обусловлено ценой и наличием в ассортименте мощных сборок - до 30 В и 8 А*ч ёмкостью. Далее идут Tanic и E-tec, а вот про I-Rate упоминаний мало. Platinum Polymer популярен почему-то только в Америке, причём используют его почти исключительно на медленных "слоуфлаерах".

Зарядка литий-полимерных аккумуляторов

Заряд аккумуляторов осуществляется по достаточно простому алгоритму – заряд от источника постоянного напряжения 4,2 В на элемент с ограничением тока в 1С. Заряд считается завершённым, когда ток упадёт до 0,1С...0,2С. После перехода в режим стабилизации напряжения при токе в 1С аккумулятор набирает примерно 70...80% ёмкости.

Для полной зарядки необходимо около 2-х часов. К зарядному устройству предъявляются достаточно жёсткие требования по точности поддержания напряжения в конце заряда – не хуже 0,01 В на банку.



Из представленных на рынке зарядных устройств можно выделить основных типа – простые, не "компьютерные" зарядники, в ценовой категории 10...40 \$, предназначенные только для литиевых аккумуляторов, и универсальные – в ценовой категории 120...400 \$, предназначенные для различных типов аккумуляторов, в том числе и для Li-Po и Li-Ion.

Первые, как правило, имеют только светодиодную индикацию заряда, количество банок и ток в них выставляются переключками. Достоинство таких зарядных устройств - низкая цена. Главный недостаток – некоторые из них не умеют правильно показывать окончание заряда. Они показывают лишь момент перехода от режима стабилизации тока к режиму стабилизации напряжения, что составляет примерно 70...80% ёмкости. Для полного окончания заряда надо ещё подождать 30...40 минут.



У второй группы зарядников возможности намного шире, как правило, они все показывают напряжение, ток и ёмкость (мА*ч), которую аккумулятор "принял" в процессе заряда, что позволяет более точно определять, насколько заряжен аккумулятор.



При использовании зарядного устройства самое главное - правильно выставить на заряднике нужное количество банок в батарее и ток заряда. Ток заряда, как правило, равен 1С.

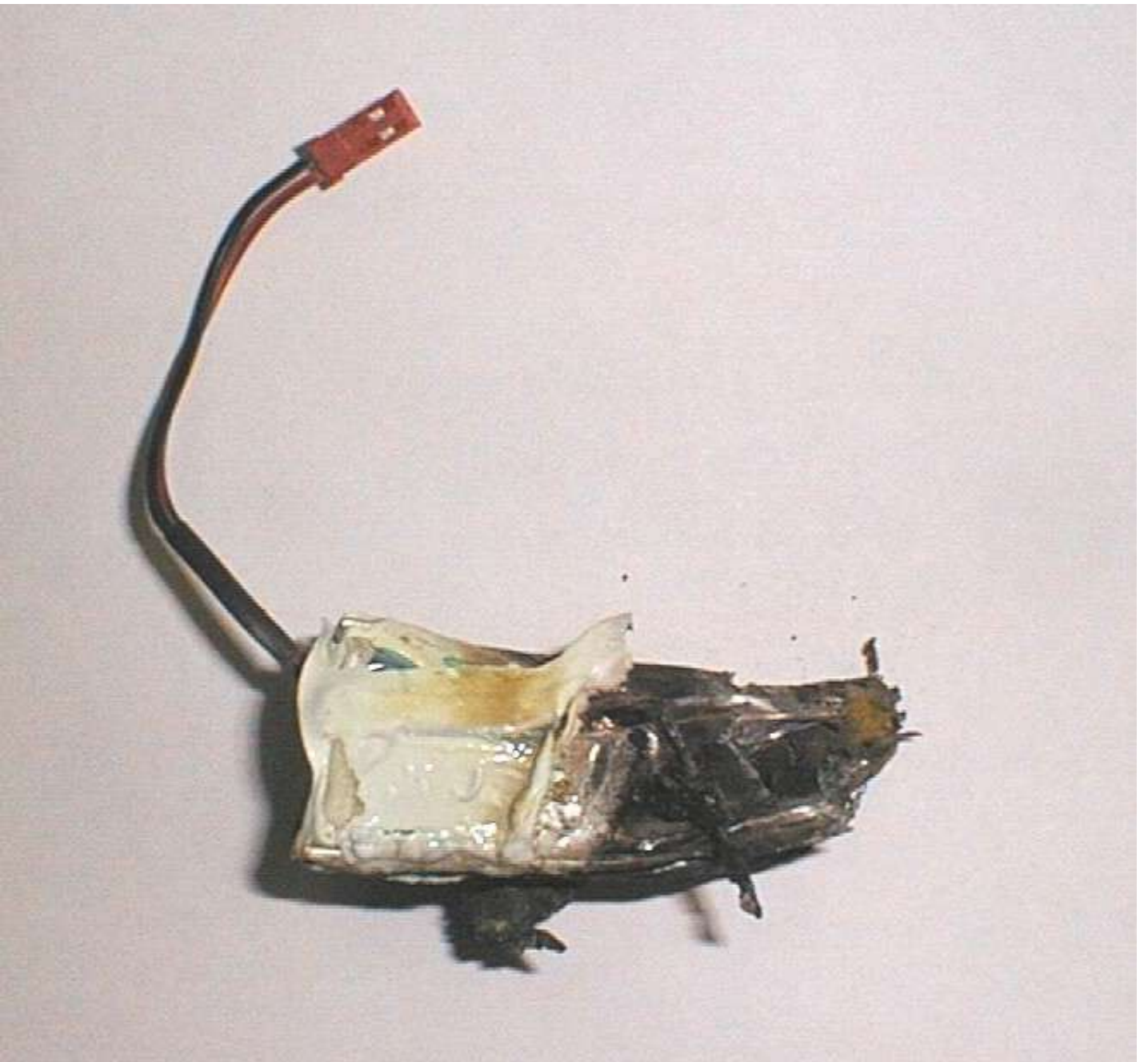
Эксплуатация и меры предосторожности

Можно с уверенностью сказать, что литий-полимерные аккумуляторы самые "нежные" аккумуляторы из существующих, то есть требуют обязательного соблюдения нескольких несложных, но обязательных правил, из-за несоблюдения которых случается или пожар, или аккумулятор "умирает".

Перечислим их в порядке убывания опасности:

- Заряд до напряжения, превышающего 4,2 В на банку;
- Короткое замыкание аккумулятора;
- Разряд токами, превышающими нагрузочную способность или нагревающими аккумулятор выше 60 °С;
- Разряд ниже напряжения 3 В на банку;
- Нагрев аккумулятора выше 60 °С;
- Разгерметизация аккумулятора;
- Хранение в разряженном состоянии.

Невыполнение первых трёх пунктов приводит к пожару, всех остальных – к полной или частичной потере ёмкости.



Из всего сказанного можно сделать следующие выводы:

Чтобы не было пожара, надо иметь нормальный зарядник и правильно выставлять на нём число заряжаемых банок. Необходимо также использовать разъёмы, исключающие возможность короткого замыкания батареи и контролировать ток, потребляемый мотором на максимальных оборотах. Кроме того, не рекомендуется на модели закрывать аккумуляторы со всех сторон от поступления свежего воздуха, а если это невозможно, то следует предусмотреть специальные каналы для охлаждения.

В случаях, когда ток, потребляемый двигателем, составляет более 2С, а аккумулятор на модели закрыт со всех сторон, после 5...6 минут работы мотора следует его остановить, а затем вытащить и потрогать аккумулятор – на сколько он горячий. Дело в том, что после нагрева выше определённой температуры (около 70 градусов) в аккумуляторе начинает идти "цепная реакция", превращающая запасённую им энергию в тепло, аккумулятор буквально растекается, поджигая всё, что может гореть.

Если замкнуть почти разряженный аккумулятор, то пожара не будет, он тихо и мирно умрёт из-за переразряда. Отсюда следует второе важное правило: следите за напряжением в конце разряда аккумулятора и обязательно отключайте аккумулятор после работы!

Некоторые регуляторы скорости (особенно этим грешат Jeti) не прекращают потребление тока после выключения штатного выключателя. Что заставило чехов принять такое странное решение – не знаю. Но факт остаётся фактом, практически все модели контроллеров для бесколлекторных моторов Jeti (включая и новую серию "Advanced"), в которых есть ВЕС, то есть стабилизатор питания приёмника и машинок от силового питания, не обеспечивают полное обесточивание цепи штатным выключателем. Отключаются только приёмник и сервомашинки, а контроллер продолжает потреблять ток около 20 мА. Это особенно опасно, так как не видно, что питание включено, машинки стоят, мотор молчит... И если забыть о подключённом аккумуляторе на сутки-другие, то окажется, что с ним можно попрощаться – не любит литий глубокого разряда.

Конечно, следует помнить о том, что контроллер двигателя должен уметь работать с литиевыми аккумуляторами, то есть иметь регулируемое напряжение отключения двигателя. И надо не забывать программировать контроллер на нужное количество банок. Впрочем, сейчас появилось новое поколение контроллеров, которые автоматически определяют количество подключённых банок.

Разгерметизация – ещё одна причина выхода литиевых аккумуляторов из строя, поскольку внутрь элемента не должен попадать воздух. Это может произойти при повреждении внешнего защитного пакета (аккумулятор запаян в пакет наподобие термоусадочной трубки), в результате удара или повреждения острым предметом, или при сильном перегреве вывода аккумулятора при пайке. Вывод – не ронять с большой высоты и аккуратно паять.

Хранение аккумуляторов, судя по рекомендациям производителей, следует производить в заряженном на 50...70 % состоянии, лучше в прохладном месте, при температурах не выше 20 °С. Хранение в разряженном состоянии отрицательно сказывается на сроке службы – как и у всех аккумуляторов, у литий-полимерных есть небольшой саморазряд.

Сборка батареи

Для получения батарей с высокой токоотдачей или большой ёмкости используют параллельное соединение аккумуляторов. Если вы покупаете готовую батарею, то по маркировке можно узнать, сколько в ней банок и как они соединены. Буква P (parallel) после числа обозначает количество соединённых параллельно банок, а S (serial) – последовательно. Например, "Kocam 1500 3S2P" обозначает батарею, соединённую последовательно из 3-х пар аккумуляторов, и каждая пара образована 2-мя параллельно соединёнными аккумуляторами ёмкостью по 1 500 мА*ч., то есть ёмкость батареи будет 3 000 мА*ч (при соединении параллельно ёмкость возрастает), а напряжение – $3,7 \times 3 = 11,1$ В.

Если вы покупаете аккумуляторы отдельно, то перед соединением их в батарею нужно уравнивать их потенциалы. Особенно это касается варианта параллельного включения, так как при этом одна банка начнёт заряжать другую, и зарядный ток может превысить значение 1С. Желательно все купленные банки перед соединением разрядить до 3-х вольт током 0,1С...0,2С. Напряжение надо контролировать цифровым вольтметром с точностью не ниже 0,5 %. Это обеспечит надёжное функционирование батареи в будущем.

Выравнивание потенциалов (балансировку) также желательно проводить даже уже на собранных фирменных батареях перед их первым зарядом, так как многие фирмы, собирающие элементы в батарею, не балансируют их перед сборкой.

Из-за падения ёмкости в результате эксплуатации ни в коем случае нельзя добавлять новые банки последовательно старым – батарея будет при этом разбалансирована.

Конечно, также нельзя соединять в батарею аккумуляторы разных, даже близких ёмкостей – например 1 800 и 2 000 мА*ч, а также использовать в одной батарее аккумуляторы разных производителей, так как различное внутреннее сопротивление обязательно приведёт к разбалансировке батареи. При пайке следует соблюдать аккуратность, нельзя допускать перегрева выводов, - это может нарушить герметизацию и навсегда убить, ещё не успевший полетать, аккумулятор. Некоторые типы аккумуляторов Kocam поставляются с уже припаянными кусочками печатной платы к выводам, для удобства распайки проводов. При этом добавляется лишний вес – около 1 г на элемент, зато греть места для припайки проводов можно гораздо дольше – стеклотекстолит плохо проводит тепло. Провода с разъёмами следует закрепить на корпусе батареи, хотя бы скотчем, чтобы случайно не оторвать вывод под корень.

Нюансы применения

Итак, подчеркнём ещё раз самые важные моменты, связанные с использованием литий - полимерных аккумуляторов.

- Используйте нормальный зарядник.
- Применяйте разъёмы, исключающие возможность замыкания батареи.
- Не превышайте допустимые токи разряда.
- Следите за температурой аккумулятора, в т.ч. при отсутствии охлаждения.
- Не разряжайте аккумулятор ниже напряжения 3 В на банку (не забывайте отключать аккумулятор после полёта!).
- Не подвергайте батарею ударам.

Приведём ещё несколько полезных примеров, вытекающих из всего ранее сказанного, но неочевидных на первый взгляд.

При больших зарядных токах (2 А и более) использование тонких проводов от зарядника до батареи, а также подключение "крокодилами" а не штатными разъёмами батареи к заряднику приводят к паразитному падению напряжения в контактах и проводах, зарядник раньше переходит в режим стабилизации напряжения, что увеличивает время заряда. Например, на заряднике "Triton" при использовании штатных проводов с "крокодилами" время заряда на токе 1,5 А увеличивается на 20 минут по сравнению с толстыми (1 мм²) проводами без "крокодилов".

При использовании коллекторных моторов нужно не допускать ситуаций, когда мотор застопорен (например, модель лежит на земле), а на передатчике дан полный газ. Ток при этом слишком велик, и мы рискуем взорвать батарею (если раньше не сгорит мотор или регулятор). Эта проблема неоднократно обсуждалась в форумах [RC Groups](#). Большинство регуляторов для коллекторных моторов выключают мотор при потере сигнала от передатчика, и, если ваш регулятор умеет это делать, я бы советовал выключать передатчик, если модель упала, например, в траву далеко от вас, – меньше риск при поиске модели задеть ручку газа болтающегося на ремне передатчика и не заметить этого.

В течении долгой эксплуатации батареи её элементы из-за изначального небольшого разброса ёмкостей становятся несбалансированными – какие-то банки "стареют" раньше других и теряют свою ёмкость быстрее. При большем числе банок в батарее процесс идёт быстрее.

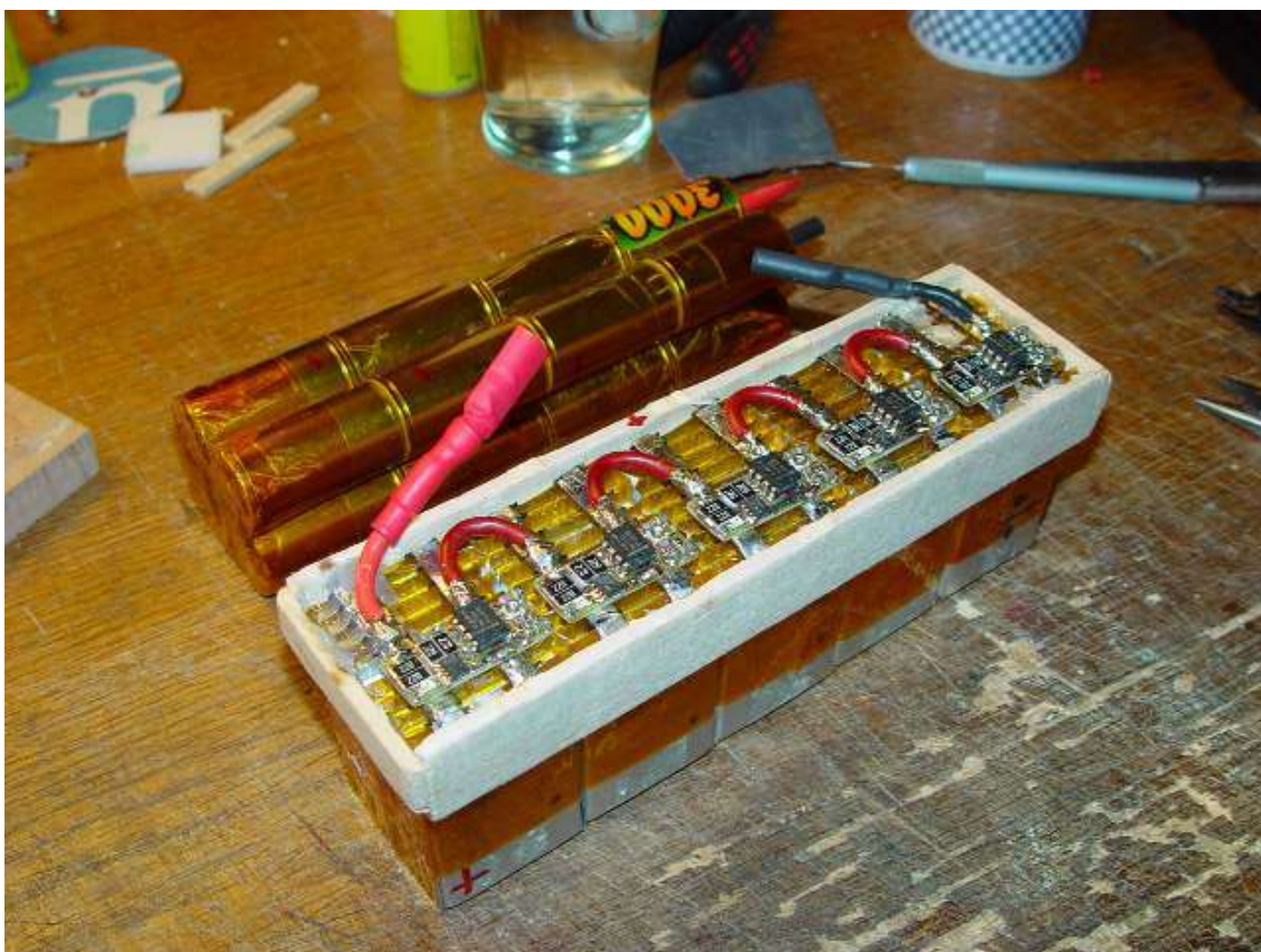
Отсюда вытекает следующее правило – иногда необходимо контролировать ёмкость каждого элемента батареи в отдельности. Для этого можно измерить его напряжение в конце заряда. Как часто? Точно это пока установить сложно – слишком мало опыта эксплуатации накоплено. Как правило, рекомендуют примерно через 40...50 циклов после начала

эксплуатации. Раз в 10...20 циклов производить проверку напряжения элементов батареи при заряде для выявления "плохих банок".

Не рекомендуется "высаживать в ноль" батарею, гоняя мотор до тех пор, пока он не перестанет вообще вращаться. Новой батарее такое обращение не повредит, а для немного разбалансированной – это лишний риск разрядить самую "плохую банку" ниже 3-х Вольт, из-за чего она ещё больше потеряет свою ёмкость.

Когда ёмкости различаются более, чем на 20 % – такую батарею без специальных мер заряжать всю целиком нельзя!

Для автоматической балансировки элементов батареи при заряде используют так называемые балансёры (balancer). Это небольшая плата, подключаемая к каждой банке, содержащая нагрузочные резисторы, схему управления и светодиод, показывающий, что напряжение на данной банке достигло уровня 4,17...4,19 Вольт. При превышении напряжения на отдельном элементе порога в 4,17 вольт балансёр замыкает часть тока "на себя", не позволяя напряжению превысить критический порог. По одновременности загорания светодиодов видно, какие банки имеют меньшую ёмкость – на их балансёре светодиод зажжётся первым. К балансёрам предъявляется одно важное дополнительное требование – ток, потребляемый ими от батареи в "ждущем" режиме должен быть мал, обычно он составляет 5...10 мкА.



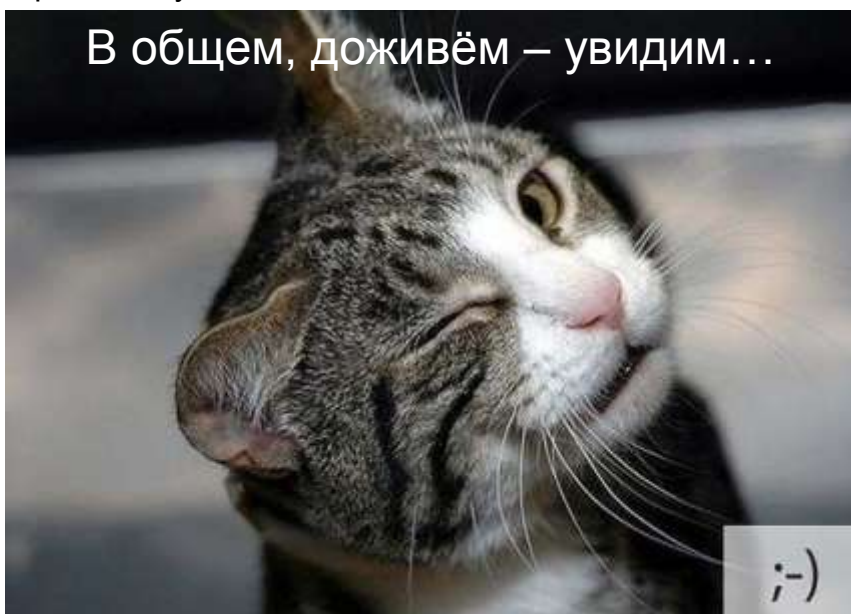
Следует добавить, что от переразряда некоторых банок в разбалансированной батарее балансёр не спасает, он служит только для защиты от повреждения элементов при заряде и средством индикации "плохих" элементов в батарее. Вышесказанное относится к батареям, составленным из 3-х и более элементов, для 2-х баночных батарей балансёры, как правило, не применяют.

Существует мнение, что литий-полимерные аккумуляторы нельзя эксплуатировать при отрицательных температурах. Действительно, в технических характеристиках на батареи указан рабочий диапазон 0...50 °С (при 0 °С сохраняется 80 % ёмкости). Но тем не менее, летать на них при температурах около -10...-15 °С можно. Дело в том, что не надо перед полётом морозить батарею – положите её в карман, где тепло. А в полёте внутреннее выделение тепла в аккумуляторе оказывается в данный момент полезным свойством, не позволяя батарее замёрзнуть. Конечно, отдача аккумулятора будет несколько ниже, чем при нормальной температуре.

Заключение

Учитывая, какими темпами движется технический прогресс в области электрохимии, можно предположить, что будущее за литий-полимерными аккумуляторами - если их не догонят топливные элементы. По мере повышения спроса на аккумуляторы и увеличения объёма их выпуска цена будет неизбежно падать, и тогда литий станет, наконец, также распространён, как NiMH. На Западе это время уже полгода как наступило, по крайней мере, в Америке. Популярность электродвигателей с литий-полимерными аккумуляторами всё растёт. Хочется надеяться, что бесколлекторные моторы и контроллеры к ним тоже подешевеют, но в этой области прогресс снижения цен движется менее стремительно. Ведь всего два года назад задавался в форуме вопрос: "А кто-нибудь реально летает на brushless?". А про литиевые аккумуляторы тогда упоминания не было вообще...

В общем, доживём – увидим...



НАЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА

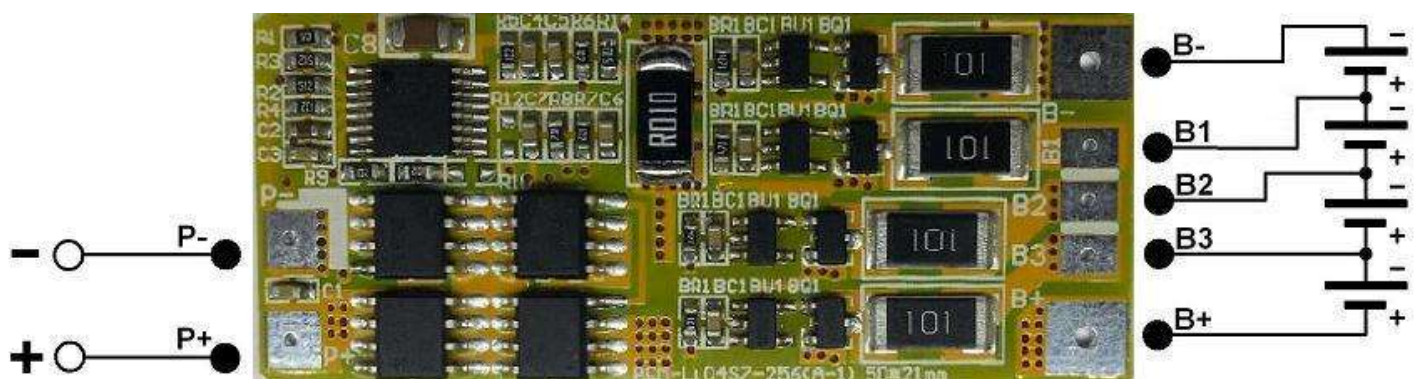
В большинстве современных портативных устройств, таких как планшетные компьютеры, GPS навигаторы, электронные книги, портативные игровые консоли, устройства накопления солнечной энергии, производители используют бескорпусные литий-полимерные аккумуляторы. Основные преимущества Li-Pol аккумуляторов, это небольшие размеры при приемлемой ёмкости батареи, возможность изготовления под конкретное устройство, не прибегая к установленным стандартам. И каждый бескорпусный аккумулятор перед установкой, в какой либо гаджет снабжается контроллером, который осуществляет защиту аккумулятора от перезарядки, переразрядки, контролирует зарядные и разрядные токи и напряжения, что значительно продлевает срок службы аккумулятора и помогает в обеспечении безопасности.

Контроллер обеспечивает сбор и обработку информации относящейся к аккумуляторам и с помощью транзисторных ключей отключает аккумуляторы от питания. Резисторы и конденсаторы обеспечивают внешнюю синхронизацию.

При том условии, что напряжения заряда и разряда аккумуляторов соответствуют норме, на аккумуляторе нет короткого замыкания и его ёмкость не достигла максимума транзисторные ключи открыты и аккумуляторы могут свободно заряжаться и разряжаться. При отклонении одного из указанных параметров от нормы, контроллер подаёт закрывающее напряжение на транзисторные ключи. Напряжение через большое сопротивление закрытых транзисторов не поступает на выводы аккумуляторов, из-за чего зарядка или разряд аккумуляторов прекращается до тех пор, пока все необходимые условия не будут соответствовать норме.

Для исключения разбалансированности аккумуляторов в батарее Li-Pol аккумуляторы заряжают отдельно. Для этого и используется контроллер **4SBLi-7A5021**, который имеет 4 отдельных цепи, следовательно может заряжать батарею из четырёх литиевых аккумуляторов.

Схема подключения контроллера



Если вы подключаете контроллер к аккумулятору впервые, возможно, он не запустится с первого раза. Чтобы уладить этот момент необходимо подключить зарядное устройство к контроллеру, чтобы логика контроллера работы вышла в штатный режим.

Купить Контроллер **4SBLi-7A5021** можно в Интернет-магазине DESSY (www.dessy.ru).

