

Д. А. Хрусталев

АККУМУЛЯТОРЫ



Москва
Изумруд
2003

rusautomobile.ru

УДК 621.31
ББК 32.844-04
Х95

Хрусталеv Д. А.
Х95 Аккумуляторы. — М.: Изумруд, 2003. — 224 с.: ил.

ISBN 5-98131-001-4

В книге рассмотрены вопросы устройства никель-кадмиевых, никель-металлгидридных, свинцово-кислотных, литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Описаны принципы их заряда и разряда. Рассказано об особенностях схемотехнического построения зарядных устройств. Приведена информация о перезаряжаемых щелочных элементах и ионисторах.

Книга будет полезной в качестве практического руководства для инженерно-технического персонала, для всех, кто связан с эксплуатацией аккумуляторных батарей на работе и в быту. Ее можно также использовать в качестве учебного пособия для студентов средних и высших учебных заведений.

УДК 621.31
ББК 32.844-04

ISBN 5-98131-001-4

© Д. А. Хрусталеv, 2003
© ООО Изумруд, 2003

rusautomobile.ru

Введение

Подробно рассказывать о значении аккумуляторов и аккумуляторных батарей в современной жизни излишне. Без них невозможна работа средств мобильной связи, электронных устройств различного назначения, транспортных средств.

Чтобы аккумуляторы служили достаточно долго и исправно выполняли свои функции, необходимо обеспечить их правильную техническую эксплуатацию. К сожалению, в отечественной литературе последних лет эта тема практически не освещена, а статьи, написанные различными авторами, которые можно найти в периодической печати и в Интернете, изобилуют неточностями и неверными рекомендациями. Более того, наличие в продаже аккумуляторов и батарей, зарядных устройств разных типов затрудняет правильность их выбора для применения в различных приложениях, что также обусловлено отсутствием необходимой информации для потребителя.

Можно констатировать и тот факт, что многие специалисты, занятые эксплуатацией средств связи, транспорта, источников вторичного электропитания не уделяют должного внимания вопросам эксплуатации аккумуляторных батарей, наивно полагая, что все проблемы за них решит зарядное устройство. Но ведь эксплуатацией аккумуляторов занимаются не только специалисты, а и обычные пользователи.

Благодаря новым разработкам в области электроники в настоящее время несложно приобрести совершенные зарядные устройства, приборы для оценки качественного состояния и степени заряда аккумуляторов и батарей. Возникает вопрос: а как правильно их выбрать, по каким критериям?

Эта книга посвящена описанию основных типов аккумуляторов и аккумуляторных батарей коммерческого назначения, особенностей их эксплуатации и хранения, методов заряда, схемотехники зарядных устройств. Ее материал носит практический характер и будет полезен как для специалистов, так и для обычных потребителей. Книгу можно использовать и в качестве учебного пособия.

При чтении надо обратить внимание на следующее: термин «аккумулятор» обозначает отдельный элемент в собственном корпусе. Из нескольких аккумуляторов может быть составлена батарея, но они могут быть использованы и индивидуально. Термин «элемент батареи» относится к аккумуляторам, не имеющим собственного корпуса и устанавливаемым непосредственно в секциях корпуса батареи. Термин «аккумуляторная батарея» предполагает, что это несколько аккумуляторов или элементов, соединенных определенным образом и что она имеет определенную емкость и выходное напряжение. Батарея может состоять только из одного аккумулятора, но при этом может называться «батареей» из-за того, что аккумулятор заключен в дополнительный корпус — корпус батареи особой формы, внутри которой располагаются дополнительные элементы, например, датчик температуры, предохранитель и т. п.

Хотя из материалов археологических раскопок выясняется, что химические источники электрического тока люди использовали еще в древней Индии и древнем Китае за много лет до нашей эры, в действительности мы не знаем, для каких целей они предназначались.

Официально считается, что первый химический источник тока изобрел итальянский ученый Алессандро Вольта в 1798 г., во время своей работы в университете г. Болонья. Этому открытию предшествовали многочисленные опыты сначала английского ученого Гилберта, основавшего в 1600 г. такой раздел науки, как электрохимия, а затем итальянского ученого Гальвани, исследовавшего так называемое «электричество животных». Открытие Вольта было очень важным, ведь до этого проводились исследования только статического электричества, от которого для человечества практической пользы не было никакой, кроме изобретения громоотвода и конденсатора. Вспомним хотя бы опыты М. В. Ломоносова.

Благодаря целой череде открытий, связанных с использованием постоянного тока, были созданы электрические машины, способные вырабатывать постоянный и переменный ток либо превращать электрическую энергию в механическую (электродвигатели). Несмотря на это, химические источники тока своего значения не утратили — они и в настоящее время незаменимы в качестве источников питания мобильных устройств и механиз-

мов: средств связи, мобильных компьютеров, автомобильной техники, электроинструментов и т. п.

Но вернемся к дальнейшей судьбе изобретения А. Вольта. В 1802 г. английский ученый Крукшэнк разработал первую батарею, которую можно было выпускать в промышленных масштабах. В 1820 г. французский физик Ампер открыл взаимосвязь электричества и магнетизма. В 1833 г. английский физик Майкл Фарадей открыл свой закон. В 1836 г. английский химик Джон Дэниэл разрешил проблемы коррозии электродов в элементе Вольта. Разработанный им элемент так и назывался — элемент Дэниэла. В 1859 г. французский физик Гастон Планте изобрел свинцово-кислотную аккумуляторную батарею. В 1868 г. французский химик Жорж Лекланше разработал «влажный» элемент Вольта — предшественник сухих элементов, которые были изобретены в 1888 г. американским ученым доктором Карлом Гас-снером. Его изобретение — это те самые угольно-цинковые элементы, только значительно усовершенствованные, которые применяются и в настоящее время. Американцы первыми уловили коммерческую ценность этого изобретения. Уже в 1896 г. в штате Колумбия появилась первая в мире компания, начавшая выпуск сухих элементов и батарей в промышленных масштабах. Называлась она National Carbon Company — Национальная угольная компания. Впоследствии ее название было изменено на Eveready, а затем на Energizer. Основатель этой компании Конрад Хьюбер в 1898 г. разработал конструкцию электрического фонарика.

В 1899 г. шведский ученый Вальдмар Юнгнер изобрел никель-кадмиевую батарею. В качестве положительных пластин в ней использовались пластины из никеля, а в качестве отрицательных — пластины из кадмия. Широкого распространения этот тип батарей в то время не получил из-за дороговизны их производства. Но в 1901 г. американец Эдисон изобрел более дешевую и практичную никель-железную аккумуляторную батарею.

В конце XIX века началось масштабное использование мощных электрических генераторов и трансформаторов — началась эра электричества. Исследования в области химических источников тока продолжались. В 1932 г. немецкие ученые Шлехт и Аккерман изобрели прессованные пластины для аккумулятор-

ных батарей. В 1947 г. французский ученый Нойман разработал первую герметичную никель-кадмиевую батарею.

В 1956 г. компания Energizer выпустила 9-вольтовые батареи, а в 1959 г. появились первые щелочные элементы. В середине 1970-х годов были разработаны свинцово-кислотные аккумуляторные батареи с регулируемыми клапанами.

В 1990 г. началось коммерческое производство никель-металлгидридных батарей, а в 1992 г. в Канаде — производство перезаряжаемых щелочных батарей. В 1999 г. изобретены литий-ионные полимерные батареи. В 2001 г. появились первые топливные элементы с протонно-обменной мембраной.

Для конечного потребителя более интересными являются перезаряжаемые или аккумуляторные батареи, о которых и пойдет речь в этой книге, и производство которых в настоящее время представляет наиболее динамично развивающийся сектор экономики.

ТИПЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Новые типы аккумуляторных батарей зачастую характеризуются весьма хорошими параметрами — высокой плотностью энергии, числом циклов заряд/разряд до 1000, малыми габаритами. Но, к сожалению, все перечисленные параметры нельзя применить одновременно хотя бы к одному из них. При малых габаритах и большом токе разряда батарея имеет небольшой срок службы. Другая батарея может служить очень долго, но при этом будет громоздкой и тяжелой. Есть, конечно, батареи с высокой энергетической плотностью и длительным сроком службы, однако для коммерческого применения они слишком дорогостоящи.

Производители аккумуляторных батарей работают в утуду потребителям и создают батареи, наиболее отвечающие специфическим требованиям их применения. Наилучшим примером может служить развитие услуг мобильной связи. Для сотовых телефонов выпускают батареи очень малых размеров с высокой энергетической плотностью, однако такая характеристика, как срок службы, отступает на второй план.

Никель-металлгидридные батареи не обеспечивают автоматически гарантированной высокой плотности, которую от них ожидают. Например, призматические никель-металлгидридные батареи для мобильных телефонов делают тонкими, и поэтому их плотность энергии не превышает 60 Вт·ч/кг. Число циклов заряд/разряд таких батарей ограничено 300. К сравнению, цилиндрические никель-металлгидридные батареи обеспечивают плотность энергии до 80 Вт·ч/кг и выше, хотя число циклов заряд/разряд у них меньше. Никель-металлгидридные батареи, применяемые в промышленности в качестве резервных источников тока и для электротранспорта, допускают до 1000 циклов заряд/разряд при снижении плотности энергии на 80 %. Они состоят из цилиндрических элементов больших размеров и имеют плотность энергии до 70 Вт·ч/кг.

Подобно и литий-ионные батареи для военной техники имеют существенно более высокую плотность энергии, чем их «гражданский» эквивалент. К сожалению, батареи этого типа такой высокой емкости в руках обывателя представляют опасность. Поэтому они и отсутствуют в широкой продаже.

1.1. Сравнение типов батарей

Рассмотрим преимущества и недостатки современных аккумуляторных батарей. Они характеризуются не только плотностью энергии, но также сроком службы, требованиями по установке, степенью саморазряда и эксплуатационными расходами. Классикой среди аккумуляторных батарей являются никель-кадмиевые батареи. Поэтому примем их за эталон, относительно которого рассмотрим плюсы и минусы батарей других типов.

Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи (NiCd) используются достаточно давно, но имеют относительно низкую энергетическую плотность. Они обеспечивают длительный срок службы, высокие значения тока разряда и, что немаловажно, разумные цены. Основная область их применения — радиостанции, биологическое и медицинское оборудование, профессиональные видеокамеры и электроинструмент. Никель-кадмиевые батареи содержат токсичные вещества и представляют собой опасность для окружающей среды.

Никель-металлгидридные аккумуляторные батареи (NiMH) имеют более высокую по сравнению с никель-кадмиевыми батареями энергетическую плотность, но и меньший срок службы. Они не содержат токсичных веществ. Применяются в мобильных телефонах и ноутбуках.

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи (SLA, VRLA, SLI) наиболее выгодны при использовании в энергоемких приложениях, где вопрос их веса существенного значения не имеет. Они наилучшим образом подходят для использования в больничном оборудовании, креслах-каталках, в системах аварийного освещения и источниках бесперебойного питания, в автомобильной технике.

Литий-ионные аккумуляторные батареи (Li-Ion) наилучшим образом подходят для тех приложений, в которых необходима высокая емкость батарей и одновременно предъявляются жест-

кие требования к их весу. Они обладают очень высокой энергетической плотностью и малым весом — наиболее важными достоинствами любых аккумуляторных батарей. Однако при этом требуют строгого соблюдения правил эксплуатации и техники безопасности. Применяются в ноутбуках и мобильных телефонах.

Литий-полимерные аккумуляторные батареи представляют более дешевую версию литий-ионных батарей: принцип их действия основан на тех же процессах. Они могут иметь тонкий корпус и чаще всего применяются в мобильных телефонах.

Перезаряжаемые алкалиновые батареи заменяют некоторые типы аккумуляторных батарей для бытовых электронных устройств. Их ограниченный срок службы компенсируется пониженным саморазрядом, что позволяет считать идеальным их применение в портативных устройствах, фотоаппаратах, вспышках.

В табл. 1.1 приведены сравнительные характеристики шести основных типов аккумуляторных батарей.

Применительно к табл. 1.1 следует отметить следующее:

- внутреннее сопротивление батареи зависит от внутреннего сопротивления каждого ее элемента, типа схемы защиты и количества элементов в батарее. Схема защиты литий-ионных и литий-полимерных батарей увеличивает их внутреннее сопротивление в среднем на 100 мОм (0,1 Ом);
- срок службы аккумуляторной батареи зависит от регулярности ее обслуживания. Полный периодический разряд может привести к его уменьшению почти в три раза за короткий срок;
- срок службы зависит также и от степени разряда — при частичных разрядах он больше, чем при полных;
- наибольший ток разряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей допустим сразу же после заряда, затем его значение уменьшается. Никель-кадмиевые батареи теряют 10 % своей емкости в течение первых 24 ч после заряда, затем снижение емкости составляет около 10 % каждые 30 дней. Саморазряд увеличивается с ростом температуры;
- схема или цепь защиты, устанавливаемая внутри литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей, потребляет около 3 % их энергии в месяц;

- типовое значение напряжения на элементе никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей составляет 1,25 В в режиме холостого хода, а под нагрузкой — 1,2 В. Это справедливо для любых элементов таких батарей;
- допускается заряд кислотных аккумуляторных батарей импульсами сильного тока.

Интересно, что никель-кадмиевые аккумуляторные батареи имеют наименьшее время заряда, допускают наибольший ток нагрузки и обладают наименьшим соотношением цена/срок службы, но в то же время они наиболее критичны к точному соблюдению требований по правильной эксплуатации.

Таблица 1.1

Характеристики	Типы аккумуляторных батарей					
	NiCd	NiMH	Кислотные	Li-Ion	Li-Ion полимерные	Перезаряд. щелочные
Энергетическая плотность, Вт/кг	45...80	60...120	30...50	110...160	100...130	80
Внутреннее сопротивление, мОм	100...200 (батарея на 6 В)	200...300 (батарея на 6 В)	менее 100 (батарея на 12 В)	150...250 (батарея на 7,2 В)	200...300 (батарея на 7,2 В)	200...2000 (батарея на 6 В)
Число циклов заряд/разряд до снижения емкости на 80 %	1500	300...500	200...300	500...1000	300...500	50 (при сниж. емк. на 50 %)
Время быстрого заряда, ч	1	2...4	8...16	2...4	2...4	2...3
Допустимый перезаряд	средний	низкий	высокий	очень низкий	низкий	средний
Саморазряд за месяц при комнатной температуре, %	20	30	5	10	10	0,3
Напряжение на элементе, В	1,25	1,25	2	3,6	3,6	1,5
Ток нагрузки относительно емкости (С): — пиковый — наиболее приемлемый	20С 1С	5С до 0,5с	5С 0,2с	>2С до 1С	>2С до 1С	0,5С 0,2с
Диапазон рабочих температур, °С	-40...60	-20...60	-20...60	-20...60	0...60	0...65
Обслуживание через	30...60 дн.	60...90 дн.	3...6 м-цев	не регл.	не регл.	не регл.
Начало производства	1950	1990	1970	1991	1999	1992

Глава 2

НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫЕ И НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛГИДРИДНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

2.1. Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи

Щелочные никель-кадмиевые батареи были изобретены еще в 1899 г. Вальдмаром Юнгнером (Waldmar Jungner). Однако материалы для производства таких батарей стоили дороже материалов для производства батарей других типов, и поэтому в то время широкого применения они не нашли. Только в 1932 г. была разработана технология нанесения активного материала пластин путем осаждения на губчатый (пористый) покрытый никелем электрод. А в 1947 г. начались работы над созданием герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов, в которых была реализована возможность рекомбинации газов, выделявшихся в процессе заряда, без их отвода. Конечным результатом этих ра-

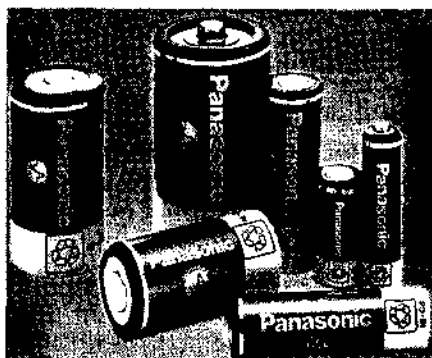


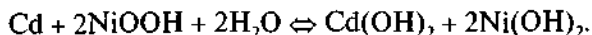
Фото 2 1

бот и стало появление герметичных никель-кадмиевых аккумуляторных батарей, используемых и в настоящее время.

Среди перезаряжаемых батарей никель-кадмиевые до сих пор остаются наиболее востребованным типом батарей, применяемых в качестве источника питания радиостанций, аппаратуры скорой медицинской помощи, профессиональных видеокамер и электроинструментов. Они «любят» быстрый заряд, медленный разряд до состояния полного разряда и подзарядку импульсами тока, в то время как батареи других типов предпочитают частичный разряд и умеренные токи нагрузки. Никель-кадмиевая батарея — сильный, усердный и молчаливый работник. Это единственный тип батарей, которые способны работать в самых жестких условиях. Они не избалованы необходимостью днями «сидеть» в зарядном устройстве и использоваться случайно для выполнения эпизодической работы.

Для никель-кадмиевых батарей крайне необходим полный периодический разряд: если его не делать, на пластинах элементов формируются крупные кристаллы, существенно снижающие их емкость (так называемый «эффект памяти»). В настоящее время эти батареи составляют примерно 50 % всех аккумуляторных батарей, выпускаемых для портативного оборудования. Однако они начинают уступать первенство батареям новых типов, имеющих более высокие энергетические плотности и в которых используются менее токсичные металлы и соединения.

При заряде (левая часть формулы) и разряде (правая часть) никель-кадмиевой батареи протекают химические реакции:



Преимущества никель-кадмиевых аккумуляторных батарей:

- возможность быстрого и простого заряда, даже после длительного хранения;
- большое число циклов заряд/разряд: при правильной эксплуатации — более 1000 циклов;
- хорошая нагрузочная способность и возможность работы при низких температурах;
- длительные сроки хранения при любой степени заряда;
- простота хранения и транспортировки (многие авиакомпании по перевозке грузов не предъявляют к таким батареям никаких дополнительных требований);
- сохранение высокой емкости при низких температурах;

- наибольшая приспособленность для работы в жестких условиях эксплуатации;
- низкая цена;
- широкий выбор батарей различного конструктивного исполнения и емкости (большинство элементов таких батарей цилиндрические).

Недостатки никель-кадмиевых аккумуляторных батарей:

- относительно низкая по сравнению с новыми типами аккумуляторных батарей энергетическая плотность;
- присущий этим батареям эффект памяти и необходимость проведения периодических работ по его устранению;
- токсичность применяемых материалов, что отрицательно сказывается на экологии, и некоторые страны ограничивают использование батарей этого типа;
- относительно высокий саморазряд — после хранения обжателен цикл заряда.

2.2. Никель-металлгидридные аккумуляторные батареи

Разработка никель-металлгидридных аккумуляторных батарей началась в 1970 г. в результате изобретения способа сохранения водорода в никель-водородных батареях. Никель-водородные батареи используются до сих пор главным образом в спутниковой аппаратуре. Они громоздки, имеют емкости высокого давления для хранения водорода, и каждая из них стоит тысячи долларов.

В ранних экспериментах с никель-металлгидридными аккумуляторами металлгидридные сплавы в их среде работали нестабильно, и требуемой емкости батарей достичь не удавалось. Поэтому их развитие задерживалось до тех пор, пока в 80-х годах прошлого века не были разработаны новые металлгидридные сплавы, которые работали стабильно. С тех пор конструкция никель-металлгидридных батарей постоянно совершенствовалась в сторону увеличения их энергетической плотности.

Успех распространению никель-металлгидридных батарей обеспечили высокая энергетическая плотность и нетоксичность материалов, применяемых при их производстве. По сравнению с



Фото 2

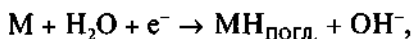
никель-кадмиевыми современные никель-металлгидридные батареи имеют более высокую — почти на 40 % — энергетическую плотность. Имеется возможность и для дальнейшего ее повышения, но не без некоторых нежелательных побочных эффектов.

Как и никель-кадмиевым, никель-металлгидридным аккумуляторным батареям присущ высокий саморазряд. Если никель-кадмиевые батареи теряют 10 % своей емкости в первые 24 часа после заряда, которая затем снижается примерно на 10 % каждый месяц, то никель-металлгидридные батареи теряют за такое же время в 1,5 раза большую емкость. Подбор металлгидридных материалов, улучшающих водородные связи и уменьшающих коррозию сплава, позволяет уменьшить скорость саморазряда, однако при этом увеличивается цена и снижается энергетическая плотность аккумуляторной батареи.

При заряде никель-металлгидридных батарей протекают реакции у положительных пластин:



у отрицательных пластин:



где М — сплав, поглощающий водород; $\text{H}_{\text{погл.}}$ — поглощенный сплавом водород.

При разряде протекают обратные реакции. В качестве поглотителя водорода применяются никель-железные, марганцево-цинковые, марганцево-никелевые и лантано-никелевые сплавы.

В настоящее время никель-металлгидридные батареи постепенно заменяют никель-кадмиевые при использовании их в качестве источника питания беспроводных средств связи и мобильных компьютеров. И во многих странах этот процесс поддерживается законодательно с целью защиты окружающей среды от вредного воздействия токсичных отходов.

На вопрос о том, улучшатся ли качество и энергетическая емкость никель-металлгидридных батарей в ближайшем будущем, специалисты отвечают, что улучшатся, но незначительно. Поэтому наиболее перспективным считается постепенный переход к более совершенным литий-ионным батареям.

В настоящее время цена на никель-металлгидридные батареи практически сравнялась с ценой на никель-кадмиевые батареи. Это произошло благодаря большим объемам их производства и стимуляции процесса перехода на их использование. По окончании перехода цены на них, возможно, возрастут.

Преимущества никель-металлгидридных аккумуляторных батарей:

- емкость на 30—40 % выше емкости никель-кадмиевых батарей, и имеется потенциал для увеличения их энергетической плотности;
- значительно меньшая, чем у никель-кадмиевых батарей, подверженность «эффекту памяти» (но нельзя сказать о его отсутствии вообще);
- простота хранения и транспортировки — не требуется регулярного контроля;
- экологически чистые — содержат только очень слабые токсины, возможна вторичная переработка.

Недостатки никель-металлгидридных аккумуляторных батарей:

- ограниченный срок службы, особенно при высоких токах нагрузки. Емкость снижается уже после 200—300 циклов заряд/разряд. При эксплуатации более предпочтителен частичный разряд, нежели полный;
- ограниченный ток разряда — хотя эти аккумуляторы и допускают высокие токи разряда, повторяющиеся разряды

при таких токах существенно снижают срок службы батарей. Наилучшие результаты при эксплуатации батарей получаются в том случае, если ток разряда составляет 0,2...0,5C (C — Capacity — емкость батареи);

- необходимость более сложного алгоритма заряда, поскольку в его процессе выделяется большое количество тепла;
- высокий саморазряд — почти на 50 % больший, чем у никель-кадмиевых батарей. Новые химические добавки снижают саморазряд, но при этом уменьшается и энергетическая плотность батарей;
- при хранении при повышенных температурах емкость батарей снижается. Никель-металлгидридные батареи следует хранить в прохладном месте заряженными примерно на 40 %;
- необходимость ухода — батареи периодически требуют контрольно-тренировочного цикла (полный разряд/заряд) для предупреждения кристаллизации;
- относительно высокие цены — цены на эти батареи в среднем на 20 % больше, чем на аналогичные никель-кадмиевые батареи.

2.3. Конструкция никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов

На заре своего развития, в 1700—1800 гг., корпуса аккумуляторов представляли собой стеклянные стаканы. Позднее в их качестве стали использовать деревянные контейнеры, которые изнутри покрывались герметиком во избежание протечек электролита. Когда возникла необходимость уменьшить габариты элементов батарей, были созданы цилиндрические элементы. После Второй мировой войны применение цилиндрических элементов в батареях стало стандартом.

Потребность в малогабаритных аккумуляторных батареях вела к дальнейшему уменьшению геометрических размеров элементов. В результате в 1980-х годах были разработаны таблеточные элементы, позволявшие выпускать аккумуляторные батареи малых размеров с достаточно высоким выходным напряжением. В начале 1990-х годов, в результате совершенствования конструкции галетных элементов, появились призматические элементы.

Цилиндрические аккумуляторы

Цилиндрические аккумуляторы продолжают оставаться наиболее широко распространенным типом элементов аккумуляторных батарей. Их преимущества: простота производства и хорошие механические характеристики. Цилиндр способен выдерживать высокие давления. В процессе заряда давление внутри элемента никель-кадмиевой аккумуляторной батареи может достигать 1379 килопаскалей (кПа), или 14 кг/м². Аккумуляторы имеют систему вентиляции, которая срабатывает, если давление газов внутри элемента возрастает до 10,5...14 кг/м². В настоящее время все выпускаемые цилиндрические элементы имеют собственный механизм внутренней вентиляции для отвода газов, выделяющихся при их заряде и разряде. Никель-кадмиевые элементы имеют систему вентиляции клапанного типа (рис. 2.1).

На рис. 2.2 показано внутреннее устройство цилиндрического элемента никель-кадмиевой аккумуляторной батареи. Отрицательные и положительные пластины скручены вместе и помещены в металлический цилиндр. Их разделяет сепаратор, увлажненный электролитом.

Внутреннее устройство цилиндрического никель-металлгидридного аккумулятора показано на рис. 2.3.

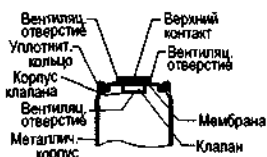


Рис. 2.1. Устройство и принцип работы системы вентиляции цилиндрических элементов



Рис. 2.2. Устройство никель-кадмиевого аккумулятора



Рис. 2.3. Устройство никель-металлгидридного аккумулятора

Цилиндрические аккумуляторы имеют умеренные цены и обладают высокой энергетической плотностью. Их применяют для питания средств радиосвязи, мобильных компьютеров, медицинского оборудования, электроинструмента и других устройств, в которых не требуется применения аккумуляторов сверхмалых размеров.

Среди всех типов аккумуляторов, выпускаемых в цилиндрических корпусах, наибольший выбор представлен никель-кадмиевыми и никель-металлгидридными аккумуляторами.

Недостатком батарей с цилиндрическими элементами является недостаточное использование объема корпуса. При сборке батарей в корпусе остаются полости, заполненные воздухом. По этой причине корпуса таких батарей часто имеют сложную внутреннюю форму, чтобы таких полостей не было.



Рис. 2.4. Процесс производства никель-металлгидридных аккумуляторов

В целом процесс производства никель-металлгидридных аккумуляторов показан на рис. 2.4. Процесс производства никель-кадмиевых аккумуляторов от него не отличается.

Призматические аккумуляторы

Призматическая форма характерна для некоторых типов никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов и батарей. В таких аккумуляторах позитивные и негативные пластины набраны в виде сэндвича и разделены между собой сепараторами. «Сэндвич» из пластин вставлен в корпус и герметизирован. Конструкция призматического аккумулятора показана на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Конструкция призматического аккумулятора

Таблеточные аккумуляторы

Таблеточные элементы были разработаны в целях миниатюризации аккумуляторных батарей и удобства их сборки из таких элементов. В настоящее время рыночный сектор этих элементов довольно узок. Неперезаряжаемые элементы применяют в электронных часах, слуховых аппаратах и устройствах памяти.

Перезаряжаемые таблеточные элементы применяются в беспроводных телефонах, медицинских приборах и в промышленном инструменте. Хотя они имеют небольшие габариты и невысокую стоимость производства, их недостаток — раздувание при быстром заряде из-за отсутствия системы отвода газов. По этой причине время заряда таблеточных аккумуляторов составляет 10...16 часов.

2.4. Конструкции никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей

Фирмы-производители аккумуляторных батарей выпускают аккумуляторные батареи собственной конструкции, которые имеют фирменные обозначения и маркировку.

Основным и наиболее рациональным способом производства никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей является их сборка из определенного количества однотипных аккумуляторов (рис. 2.6). Сразу следует обратить внимание: соединение элементов между собой производится перемычками с использованием точечной сварки. Соединять аккумуля-

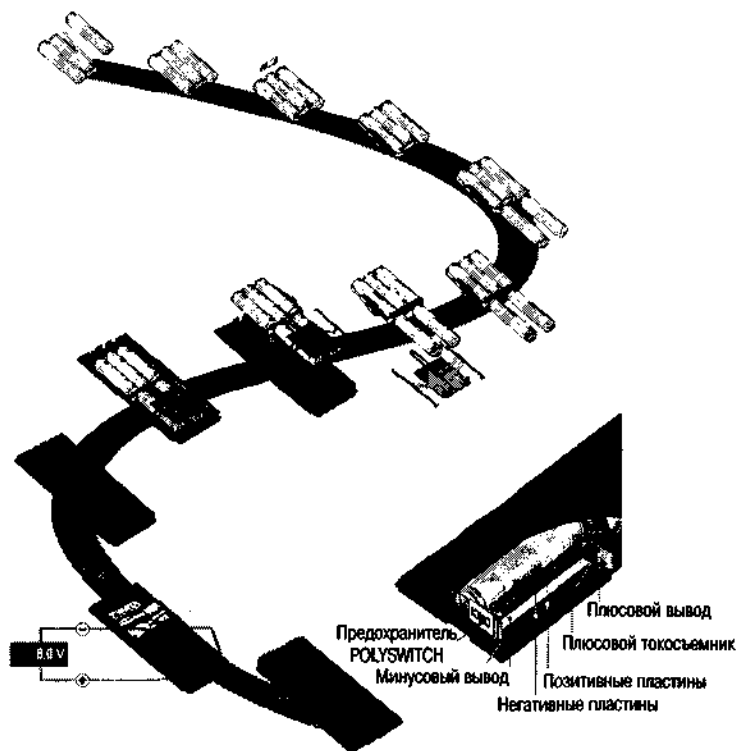


Рис. 2.6. Процесс сборки аккумуляторных батарей для мобильных телефонов

торы при помощи пайки нельзя, так как в этом случае неизбежен их перегрев и, как следствие, возможно разрушение токосъемника, выход из строя предохранительного клапана, возможны и необратимые химические процессы, приводящие к снижению емкости аккумулятора и способствующие его скорейшему выходу из строя.

Фирма Panasonic выпускает никель-кадмиевые и никель-металлгидридные батареи следующих типов (рис. 2.7):

- F-типа (F Type), в которых элементы расположены в ряд, соединены между собой последовательно никелированными перемычками и скреплены термоусадочной трубкой;
- комбинированные F-типа (Composite F Type), в которых элементы расположены в 2—5 рядов, соединены последовательно и скреплены термоусадочной трубкой;
- L-типа (L Type), в которых элементы расположены последовательно в осевом направлении, соединены между собой последовательно никелированными перемычками и скреплены термоусадочной трубкой;
- комбинированные L-типа (Composite L Type), в которых элементы расположены последовательно в осевом направлении в 2—5 рядов, соединены между собой последовательно никелированными перемычками и скреплены термоусадочной трубкой.

Более наглядно конструкция батарей F- и L-типов представлена на рис. 2.8. Из него видно, что кроме аккумуляторов, они

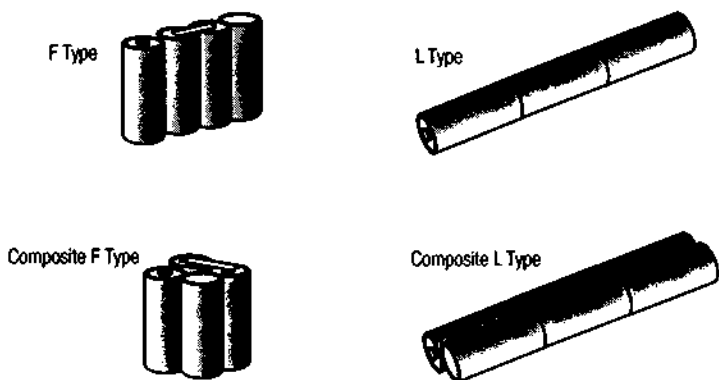


Рис. 2.7. Типы аккумуляторов (батарей) производства фирмы Panasonic

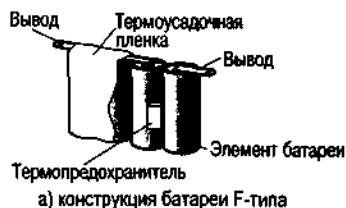


Рис. 2.8. Конструкция аккумуляторных батарей L- и F-типов

имеют еще один обязательный элемент — термопредохранитель. Батареи таких типов могут иметь корпус из пластмассы. Их выводы могут быть выполнены либо в виде пластин определенной конфигурации и размеров (табл. 2.1), либо из проволоки определенного сечения (табл. 2.2). Обычно плюсовому выводу батареи соответствует красный провод, минусовому — черный.

Таблица 2.1

Размеры выводов, мм			Типоразмер аккумуляторов, в которых применяются
Длина	Ширина	Толщина	
15	4	0,15	AA и менее
15	4	0,15	A
20	5	0,15	SC
25	5	0,15	C
30	7	0,15	D и более

Таблица 2.2

Типоразмер батарей	Соответствие провода стандартам	Длина, мм	Цвет выводов
AA и менее	UL1007, AWG24	200	«+» — красный
			«-» — синий
A	UL1007, AWG22	200	«+» — красный
			«-» — синий
SC	UL1007, AWG20	200	«+» — красный
			«-» — синий
C	UL1007, AWG20	300	«+» — красный
			«-» — синий
D и более	UL1007, AWG18	300	«+» — красный
			«-» — синий

Для закрепления элементов используют термоусадочные трубки из поливинилхлорида толщиной 0,1...0,2 мм соответствующего диаметра. В качестве элемента защиты для предупреждения перезаряда и перегрева применяются термopедохранители, термисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления, плавкие предохранители, токовая защита и другие компоненты. Они могут применяться индивидуально или в сочетании с другими элементами защиты. Кроме того, Panasonic предлагает еще и встроенные элементы для защиты по питанию устройства — потребителя энергии.

Батареи, выпускаемые компанией Golden Peak (GP), имеют собственную маркировку. Например, маркировка аккумуляторной батареи GP60AAS4B1P означает следующее:

$$\frac{\text{GP60AAS } 4 \text{ B } 1 \text{ P}}{1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5}$$

- 1 — тип элемента (см. таблицы в приложении);
- 2 — количество элементов в батарее;
- 3 — конфигурация батареи (рис. 2.9);
- 4 — код, обозначающий тип выводов:
 - 1 — полосковый для пайки;
 - 2 — для установки на печатную плату (оба одинаковые);
 - 3 — для установки на печатную плату (плюс — двойной, минус — одинарный);
 - 4 — в виде провода для пайки;
 - 5 — короткий полосковый;
 - 6 — со свинцовым проводом;
- 5 — код, обозначающий направление выводов:
 - P — выводы направлены в противоположные стороны;
 - H — выводы направлены в одну сторону.

На практике в портативных устройствах на проволочные выводы часто устанавливают соединители для удобства подачи питания на плату электронного устройства. К ним относятся:

- универсальный соединитель MU;
- соединитель MJ (JST EHR-2);
- соединитель ML (Molex 5264-02);
- соединитель MS (Mitsumi M63M83-02).

Их внешний вид приведен на рис. 2.10.

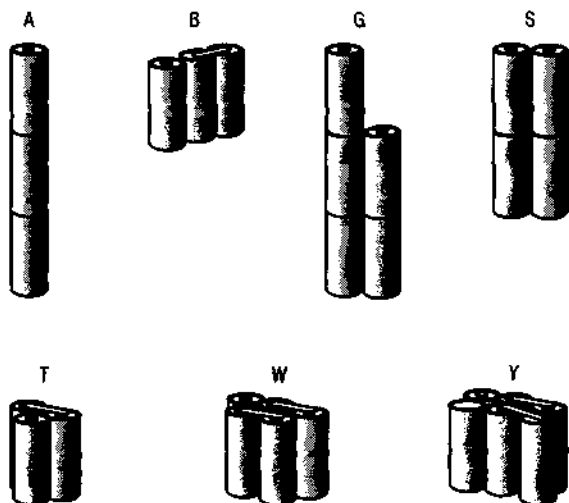


Рис. 2.9. Конфигурации аккумуляторных батарей GP и соответствующие им коды

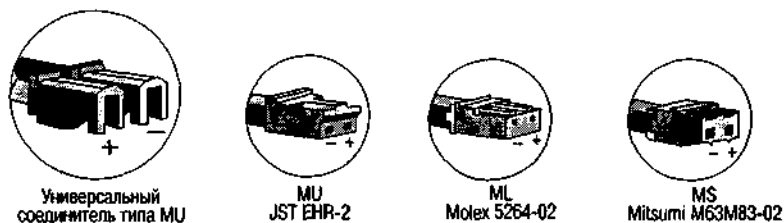


Рис. 2.10. Внешний вид соединителей для подключения батарей к печатным платам

Производители аккумуляторных батарей (речь идет, прежде всего, о компаниях мирового масштаба, чья продукция славится своим качеством) делают все возможное, чтобы пользователь мог избежать любых неприятностей, связанных с нарушениями режима их эксплуатации. Поэтому батареи таких производителей — это не просто сборка из аккумуляторов, соединенных перемычками, но и различные дополнительные элементы или устройства: плавкие предохранители, предохранители многократного действия POLYSWITCH™, термисторы, термовыключатели и многое другое. Они используются в таких критических устройствах

будет рассказано далее, а пока важно знать, что батарею не просто нужно собрать, подобрав однотипные согласованные по емкости и внутреннему сопротивлению аккумуляторы, но и предусмотреть наличие в ней встроенных устройств, которые обеспечат ее защиту и эффективный режим заряда.

2.5. Методы заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей

Аккумуляторные батареи в качестве источников питания могут использоваться циклически или в режиме ожидания. Циклическое использование является основным вариантом их применения, и оно характеризуется периодическим зарядом и разрядом батарей, когда они являются основным источником питания. Использование их в режиме ожидания характерно для применения в источниках и системах бесперебойного питания, системах аварийного освещения и т. д., отличающихся тем, что основным источником питания нагрузки является сеть переменного тока, а аккумуляторная батарея начинает работать при сбоях в ее работе.

Соответственно режиму использования различаются и методы заряда аккумуляторных батарей (табл. 2.3). Следует отметить, что в литературе часто пишут о двух взаимосвязанных группах вариантов применяемых методов заряда:

- методы заряда по его скорости (т. е. по времени заряда батареи до ее приведения в рабочее состояние);
- методы заряда по способу отключения аккумуляторной батареи по его окончании, при котором обеспечивается контроль одного или нескольких ее параметров, и при характерном изменении одного из них происходит прекращение цикла заряда.

Первая группа более точно определяет методы заряда, а вторая их уточняет.

Для заряда никель-кадмиевых аккумуляторных батарей можно использовать один из трех методов заряда (по скорости заряда):

- нормальный или медленный заряд (Slow Charge);
- быстрый заряд (Quick Charge);
- скоростной заряд (Fast Charge).

Таблица 2.3

Вариант использования аккумуляторов	Время заряда, ч	Метод заряда (по способу отключения батареи)	Примечание
Циклический режим	1...2	ΔV -заряд	Автоматическое отключение
		ΔT -заряд	Автоматическое отключение
		Метод контроля напряжения заряда	Автоматическое отключение
		Метод контроля спада напряжения заряда	Не рекомендуется использование для заряда никель-кадмиевых батарей
		Заряд при постоянном значении напряжения или тока заряда	
	6...8	Метод управления временем заряда по таймеру	Автоматическое отключение
	15	Нормальный заряд	Отключение вручную
Режим ожидания	Непрерывный заряд	Струйный (компенсационный)	Батарея постоянно подключена

Основные характеристики каждого из этих методов приведены в табл. 2.4. Но в ней методы заряда представлены несколько в ином свете. А именно — по способу завершения цикла заряда. Поясним: метод управления временем заряда по таймеру является частным случаем нормального заряда; на него похож метод быстрого заряда, но он предусматривает не отключение батареи по сигналу таймера, а контроль за напряжением заряда и завершение цикла заряда по достижении напряжения конца заряда; к методу скоростного заряда относятся методы ΔV - и ΔT -заряда. В табл. 2.4 приведены также и характеристики струйной подзарядки, но этот метод, поскольку не является основным, в дальнейшем детально не рассматривается.

Таблица 2.4

Основные параметры	Методы заряда					
	Нормальный		Быстрый	Скоростной		
	Нормальный	С отклонением по таймеру	С отклонением по достижению напряжения конца заряда	ΔV -заряд	ΔT -заряд	Струйный
Кол-во соединений с батареями	2	2	2	2	3	2
Время заряда, ч	14...16	6...8	3...6	1...2	1...2	30 и более
Ток заряда	0,1C	0,2C	0,3C	0,5...1C	0,5...1C	0,033...0,05C
Ток струйной подзарядки	—	0,033...0,05C	0,033...0,05C	0,033...0,05C	0,033...0,05C	
Степень заряда батареи, %	—	120	100...110	110...120	100...110	—
Особенности	1. Использование в типовых ЗУ. 2. Простота и дешевизна.	1. Более высокая надежность. 2. Относительная простота и экономичность.	1. Относительная простота; 2. Более высокая скорость заряда.	1. Наиболее часто используется в ЗУ.	1. Использование в наиболее дорогих ЗУ. 2. Не допускает перезаряда и обеспечивает наибольший срок службы батарей.	1. простота и экономичность; 2. пригодность для систем с непрерывной подзарядкой батарей.
Применяемость	— электробритвы; — радиотелефоны; — игрушки.	— радиотелефоны; — электробритвы.	— радиотелефоны; — эл/инструмент.	— терминалы данных; — видеокамеры; — беспроводное оборудование; — мобильные телефоны.	— мощный эл/инструмент; — ноутбуки; мобильные телефоны.	— системы аварийного освещения; — системы хранения данных.

Нормальный заряд

При нормальном заряде зарядное устройство представляет собой источник постоянного тока, в выходную цепь которого последовательно включено сопротивление, обеспечивающее ограничение тока заряда до необходимой величины (рис. 2.11).

Рассчитать зарядный ток несложно:

$$I_3 = \frac{V_{\text{и}} - V_{\text{б}}}{R} = \frac{V_{\text{и}} - V_{\text{эл}} \cdot N}{R}.$$

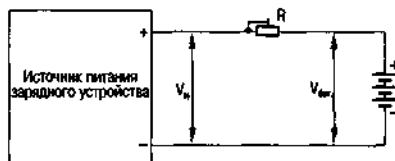


Рис. 2.11. Схема зарядного устройства нормального заряда

При заряде батареи из нескольких аккумуляторов необходимо, чтобы они были однотипны, чтобы последовательно было включено как можно меньшее их количество, чтобы в цепи не было ни одного неисправного аккумулятора. В случае, если необходимо одновременно зарядить большое количество аккумуляторов, целесообразно использовать их смешанное включение (рис. 2.12, а). Если же требуется зарядить аккумуляторы разной емкости, то группы следует составить из одинаковых аккумуляторов, и для каждой группы использовать свой реостат (рис. 2.12, б). Ввиду того что на переменном сопротивлении, используемом в качестве реостата, рассеивается большая мощность, такой реостат должен быть проволочным и с высокой

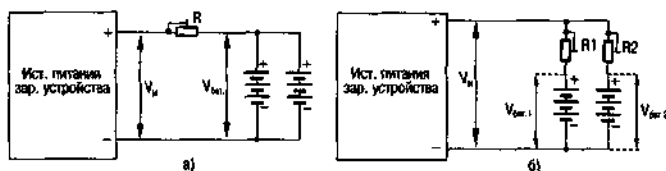


Рис. 2.12. Особенности заряда большого числа однотипных аккумуляторов (а) и аккумуляторов различной емкости (б)

мощностью рассеивания, определяемой током нагрузки. Рассчитать минимальную мощность реостата можно по формуле:

$$P = I^2 R.$$

Нельзя допускать перезаряда батарей в режиме нормального заряда. Это приводит к их повышенному нагреву, быстрому старению и выходу из строя.

Временная характеристика нормального заряда приведена на рис. 2.13.

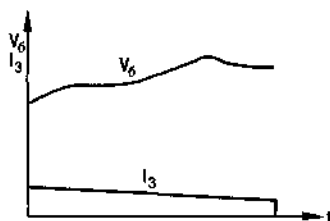


Рис. 2.13. Временная характеристика нормального заряда

Примечание. В отечественной технике, особенно в военной, до сих пор все еще широко применяются негерметичные никель-кадмиевые аккумуляторные батареи, в которые заливается жидкий электролит (раствор щелочи плотностью 1,12...1,14 кг/л). Перед их зарядом необходимо вывинтить невыпадающие пробки для отвода газов, а по окончании заряда снова их завинтить, но только после остывания батарей, иначе их раздует. Ток нормального заряда для этих батарей составляет 0,25С, а время заряда — 8 ч. Обозначение типа таких батарей наносится на корпус, например, 2НКП-24, где 2 — количество элементов, НК — тип элемента — никель кадмиевый, П — особенности конструкции пластин, в данном случае — прессованные, 24 — емкость, А·ч.

Управление временем заряда по таймеру

Зарядное устройство, работающее по методу управления временем заряда по таймеру, работает в два этапа: заряд батареи током 0,2С с переключением ее через 6 ч в режим струйной подзарядки током 0,05С. Его структурная схема представлена на рис. 2.14, а временные характеристики процесса заряда — на рис. 2.15.

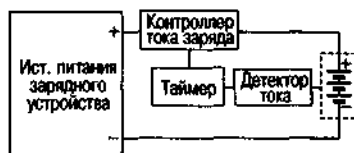


Рис. 2.14. Структурная схема зарядного устройства с управлением по таймеру

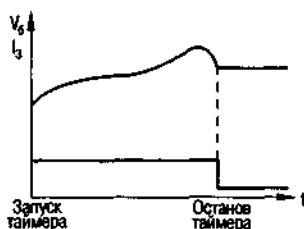


Рис. 2.15. Временная характеристика заряда с управлением по таймеру

Использование зарядных устройств с таймером позволяет уменьшить время заряда более чем в 2 раза по сравнению с зарядными устройствами нормального заряда, увеличить срок службы аккумуляторных батарей. Однако такие устройства нельзя применять в тех приложениях, в которых из-за сравнительно частых включений и выключений таймер перезапускается, т. е. процесс заряда, не завершившись, запускается вновь.

Быстрый заряд

В зарядных устройствах, работающих по методу быстрого заряда, отключение батареи по окончании заряда производится путем контроля напряжения на ней. Как только оно достигнет определенной величины, произойдет переключение батареи в режим струйной подзарядки.

Структурная схема устройства быстрого заряда приведена на рис. 2.16. При таком способе заряда необходимо учитывать и влияние температуры окружающей среды. Для этой цели в цепь управления компаратора включен термистор RT. Для того чтобы защитить батарею от перезаряда и перегрева, имеется два устройства защиты — таймер и термopедохранитель, установленные внутри ее корпуса.

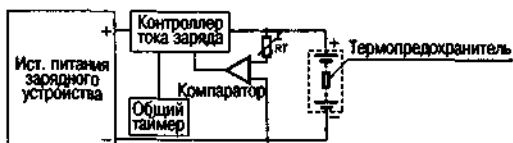


Рис. 2.16. Структурная схема устройства быстрого заряда

Метод быстрого заряда используется только для заряда никель-кадмиевых батарей. В настоящее время он практически не применяется по той причине, что очень трудно согласовать батарею с зарядным устройством: для разных батарей напряжение отключения различно. Поскольку подобрать его трудно, возможен как недозаряд, так и перезаряд батареи, а это недопустимо.

Временная характеристика работы устройства быстрого заряда приведена на рис. 2.17.

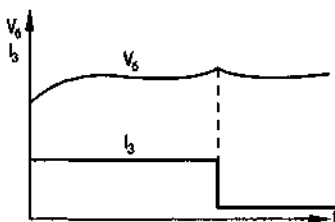


Рис. 2.17. Временная характеристика работы устройства быстрого заряда

Скоростной заряд

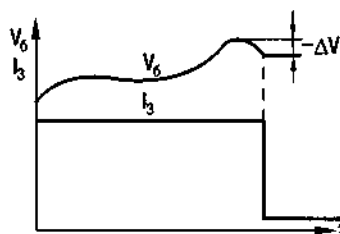
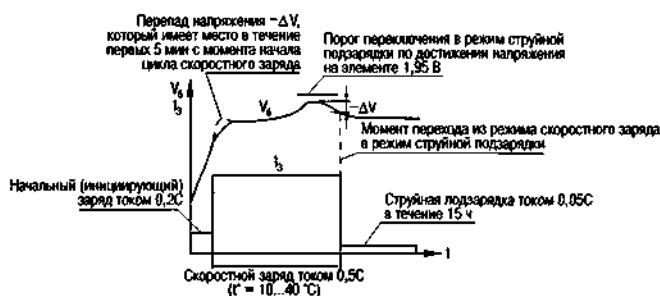
Для никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей лучше всего применять метод скоростного заряда (Fast Charge). Нормальный (медленный) заряд приводит к кристаллизации элементов батареи, что снижает их емкость и срок службы. Несмотря на то, что для борьбы с эффектом памяти (уменьшение емкости из-за кристаллизации аккумуляторов) применяют специальные методы, которые позволяют восстановить емкость батареи, срок ее службы при этом все равно снижается. Температура батареи при заряде должна быть умеренной, а нахождение ее при максимально допустимой температуре должно быть как можно меньше.

Батареи этих типов не рекомендуется оставлять в зарядном устройстве более чем на несколько дней, даже при правильно установленной величине тока в режиме струйной подзарядки. Для борьбы с эффектом памяти необходимо один раз в месяц производить контрольно-тренировочный цикл (КТЦ) — полностью разрядить батарею током нормального разряда, а затем немедленно зарядить ее.

Наиболее точным и надежным способом управления процессом заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей является способ управления зарядом при помощи микроконтроллера, который осуществляет мониторинг напряжения батареи и отключает ее при его характерном изменении. Таким характерным изменением является резкое незначительное снижение напряжения на батарее в конце заряда. Его называют отрицательным дельта V (в англоязычной технической литературе — Negative Delta V , или сокращенно NDV). В отечественной литературе такой метод заряда называют методом отрицательного ΔV -заряда, подчеркивая небольшое падение напряжения в конце заряда, или просто методом ΔV -заряда. Снижение напряжения в конце заряда для никель-кадмиевых батарей составляет 10...30 мВ на элемент.

Метод ΔV -заряда особенно хорошо использовать для определения времени конца заряда в зарядных устройствах герметичных никель-кадмиевых батарей, поскольку он обеспечивает быстрое время отклика. Хороших результатов при его использовании добиваются и при подзарядке частично или полностью заряженных батарей. При включении на зарядку, например, полностью заряженной батареи напряжение на ней сначала резко возрастет, а затем сразу же резко снизится, что приведет к прерыванию процесса заряда. Такой цикл продлится всего лишь несколько минут, в течение которых батарея не успеет нагреться. Чем лучше зарядное устройство «чувствует» ΔV , тем качественнее произойдет процесс заряда. На рис. 2.18 изображена временная характеристика ΔV -заряда.

Если характеристика на рис. 2.18 отображает всего лишь принцип ΔV -заряда, то на рис. 2.19 изображена реальная характеристика ΔV -зарядного устройства. Из нее видно, что процесс заряда начинается с иницилирующего (начального) заряда током около 0,2С. Он особенно необходим, если батарея полностью разряжена. После этого заряда наступает этап

Рис. 2.18. Временная характеристика ΔV -зарядаРис. 2.19. Реальная характеристика работы скоростного ΔV -зарядного устройства

В его начальной части имеет место незначительное падение напряжения ($-\Delta V$), но автоматика отключения не срабатывает, т. к. она настроена так, что в течение 5 мин с момента начала скоростного заряда не реагирует на отрицательное изменение напряжения заряда. В конце заряда на батарее наблюдается падение напряжения из расчета 15...20 мВ/элемент, которое служит сигналом для выключения режима скоростного заряда и перехода в режим струйной подзарядки током 0,05С в течение 15 ч, после чего батарея отключается от цепи заряда полностью. Струйная подзарядка компенсирует ее саморазряд. Сама батарея готова к использованию практически сразу же после завершения скоростного заряда. Если элементы батареи плохо согласованы, перепад напряжения $-\Delta V$ может иметь малое значение, недостаточное для переключения зарядного устройства в режим струйной подзарядки. В этом случае предусмотрено его принудительное переключение в этот режим по достижении напряжения на элементе 1,95 В.

Чтобы падение напряжения на батарее в конце заряда было достаточным для определения этого порога, ток заряда должен составлять не менее $0,5C$. Если он меньше $0,5C$, падение напряжения становится таким незначительным, что его трудно измерить, особенно если элементы батареи плохо согласованы. В батарее с несогласованными элементами каждый из них достигает состояния полного заряда в разные промежутки времени, и величина перепада напряжения $-\Delta V$ в конце заряда батареи в целом становится менее ярко выраженной, процесс заряда не останавливается, и в результате батарея перегревается, происходит ее перезаряд. Поэтому, кроме анализа $-\Delta V$, в зарядном устройстве, должны быть предусмотрены и другие способы прерывания процесса заряда (например, при нагреве батареи до пороговой температуры должно сработать устройство термозащиты (рис. 2.20).

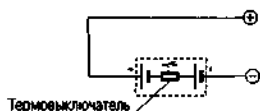


Рис. 2.20. Внутренняя схема аккумуляторной батареи, предназначенной для работы с ЗУ скоростного ΔV -заряда

Наиболее совершенные зарядные устройства никель-кадмиевых батарей имеют термодатчик, контролирующий скорость нарастания температуры батареи, которую часто обозначают как $\Delta T/\Delta t$ (T — температура; t — время; Δ означает приращение), а метод заряда, при котором обеспечивается слежение за скоростью нарастания температуры батареи — методом ΔT -заряда (дельта T -заряда). Такой метод заряда более эффективен, чем отключение батареи при достижении ее пороговой температуры. Отключение происходит в том случае, если повышение температуры достигнет $1^\circ\text{C}/\text{мин}$. Абсолютный порог срабатывания защиты от перегрева устанавливают равным 60°C . Суть метода заключается в том, что в конце заряда происходит более интенсивный нагрев батареи. Из-за относительно большой массы ее элементов батарея очень короткий промежуток времени работает в условиях процесса перезаряда, пока не произойдет ее отключение. Метод ΔT -заряда используется только в зарядных устройствах скоростного заряда.

Внутренняя схема батареи, предназначенной для скоростного ΔT -заряда, имеет дополнительный элемент — термистор, один сигнальный выход которого выведен на ее отдельный контакт, обозначенный буквой «Т» (рис. 2.21). Сигнал с этого контакта подается на микропроцессор или специализированную микросхему зарядного устройства и обеспечивает прекращение цикла скоростного заряда по методу ΔT -заряда.

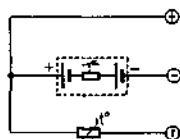


Рис. 2.21. Внутренняя схема аккумуляторной батареи, предназначенной для работы со скоростным ΔT -зарядным устройством

Перезаряд особенно губительно воздействует на батарею, если по окончании заряда ее принудительно отключают, а затем снова подключают к зарядному устройству. Это характерно для аккумуляторных батарей радиостанций, трубок радиотелефонов, которые часто вынимают, а затем снова вставляют в базовое или автомобильное зарядное устройство. При каждой такой операции инициируется цикл скоростного заряда при его высоком начальном токе. То же самое характерно и для аккумуляторных батарей ноутбуков. Пользуясь ноутбуком, как переносным прибором, специалист, часто не задумываясь, подключает его к сетевому источнику питания, являющемуся одновременно и зарядным устройством, а затем отключает. То же самое происходит и при использовании ноутбука при обслуживании электрооборудования современных автомобилей. Частые подключения к внешнему источнику питания устройства с никель-кадмиевыми или никель-металлгидридными батареями делает их «глухими». Другими словами, через какое-то время они перестают «чувствовать» связь с зарядным устройством. Зарядные устройства литий-ионных батарей умеют определять степень заряда батареи (SoC — State-of-Charge), поэтому многократные подключения, например, ноутбуков с такими батареями, не приведет к срыву процесса заряда в какой-то момент.

Эффективность заряда стандартных никель-кадмиевых батарей при скоростном заряде (ток заряда 1С) составляет 91 %, а при медленном (ток заряда 0,1С) — 99 %. Время скоростного за-

ряда обычно — около одного часа. Если батарея разряжена частично или ее емкость в результате эффекта памяти уменьшилась, время заряда сокращается. При нормальном (медленном) заряде его время составит около 14 ч.

В течение первых 70 % времени цикла заряда никель-кадмиевая батарея заряжается почти до 100 % своей емкости. Несмотря на то, что батареей была поглощена определенная энергия, ее нагрев не происходит. Начальный зарядный ток никель-кадмиевых батарей может составлять несколько значений C без угрозы их перегрева. Этот феномен использован в ультраскоростных устройствах заряда, в которых заряд батареи до 70 % ее емкости происходит в считанные минуты. Далее он продолжается при более низких значениях тока заряда, пока батарея не зарядится полностью.

По достижении порога емкости в 70 % батарея существенно утрачивает способность запасать энергию. Ее элементы начинают выделять газы. Давление их внутри корпуса увеличивается, температура батареи растет. По достижении емкости 80...90 % ее способность запасать энергию снижается еще больше. По достижении состояния полного заряда начинается перезаряд батареи. Некоторые зарядные устройства способны обеспечить индикацию степени перезаряда. На рис. 2.22 приведены зарядные характеристики элемента никель-кадмиевой батареи. Зарядные характеристики никель-металлгидридных аккумуляторов от них практически не отличаются.

При заряде током $1C$ и более никель-кадмиевые батареи сверхбольшой емкости имеют тенденцию к большему нагреву, чем стандартные батареи. Оптимальных зарядных характеристик можно добиться, если на начальном этапе процесса заряда заря-

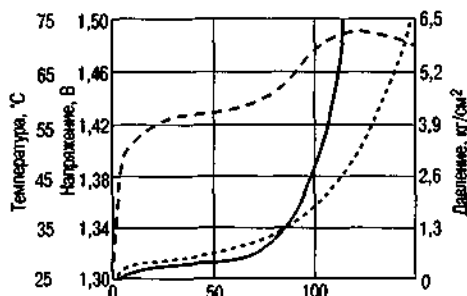


Рис. 2.22. Зарядные характеристики никель-кадмиевого аккумулятора

жать батарею большим током, а затем, по мере снижения способности батареи запасать энергию, этот ток уменьшать. Таким образом, можно избежать существенного нагрева аккумуляторной батареи и добиться ее полного заряда.

Если после каждого импульса зарядного тока будет следовать импульс тока разряда, это улучшит способность батареи запасать энергию. Такой метод заряда, иногда называемый методом «отрыжки», методом «обратной нагрузки», а чаще всего — реверсивным зарядом, обеспечивает увеличение активной площади пластин. В результате увеличиваются энергоемкость батареи и срок ее службы. Метод обратной нагрузки также улучшает процесс скоростного заряда, т. к. способствует рекомбинации газов, выделяемых в процессе заряда. В итоге заряд сопровождается меньшим выделением тепла и становится более эффективным, чем при заряде постоянным (не импульсным) током. Более того, исследования выявили еще одно преимущество этого метода: он существенно снижает опасность кристаллизации никель-кадмиевых аккумуляторов и увеличивает срок их службы примерно на 15 %.

После полного заряда никель-кадмиевая батарея переходит в режим струйной подзарядки для компенсации ее саморазряда. Ток заряда в этом режиме составляет 0,033...0,05С. С целью ослабления эффекта памяти величину этого тока стараются подбирать как можно меньшей.

2.6. Особенности заряда никель-металлгидридных аккумуляторных батарей

Зарядные устройства никель-металлгидридных батарей по устройству очень похожи на зарядные устройства никель-кадмиевых батарей, но имеют более «серьезную» электронную начинку. Начнем с того, что процесс окончания их полного заряда характеризуется очень малым падением напряжения на батарее, которое при токе заряда менее 0,5С и в результате роста температуры батареи вообще незаметно. ΔV еще меньше, если элементы батареи не согласованы или идет процесс ее старения.

ΔV -заряд никель-металлгидридных батарей завершается при отрицательном перепаде напряжения на элементах батареи в конце заряда 16 мВ или менее. Увеличение чувствительности узла мониторинга ΔV неэффективно, поскольку флуктуации напряже-

ния, помехи и шумы могут привести к ложным срабатываниям системы. Поэтому в скоростных зарядных устройствах никель-металлгидридных батарей применяют комбинированные методы заряда: ΔV -заряд, ΔT -заряд, а также используют устройства отключения батареи при достижении порогового значения температуры (метод температурной отсечки) и отключения по сигналу таймера. Отключение батареи в процессе заряда происходит по первому сигналу от любого из перечисленных устройств.

Методы ΔV -заряда или температурной отсечки обеспечивают более высокую эффективность заряда, чем менее агрессивные методы. Однако при этом срок службы батарей снижается примерно с 350...400 циклов заряд/разряд до 300 циклов.

Метод ΔT -заряда никель-металлгидридных батарей подобен такому же методу заряда никель-кадмиевых батарей. Их отключение происходит в том случае, если скорость роста температуры достигнет $1^\circ\text{C}/\text{мин}$. При этом абсолютный порог срабатывания защиты от перегрева составляет 60°C . После окончания заряда осуществляется подзарядка током $0,1C$ в течение 30 мин для обеспечения максимальной емкости батареи, а затем начинается процесс струйной подзарядки.

Временной график скоростного заряда характеризуется тем, что заряд начинается током $1C$, и при достижении пиковых значений напряжения батарея для охлаждения отключается на несколько минут, после чего заряд происходит при меньшем значении тока. Таким образом, заряд происходит несколькими ступенями при ступенчатом снижении его тока.

Такой метод заряда, известный еще под названием «дифференциально-шаговый заряд», хорошо подходит для заряда как никель-металлгидридных, так и никель-кадмиевых аккумуляторных батарей. В ходе его ток заряда изменяется в соответствии со степенью заряда батареи (State of Charge или SoC) и в начале заряда имеет большое значение, которое постепенно снижается до умеренных величин. Это позволяет предупредить перегрев батареи в конце цикла заряда, когда ее способность запасать энергию резко снижается.

Для никель-металлгидридных батарей наиболее предпочтительны методы быстрого заряда, а наименее — нормальный (медленный) заряд. Особенно критичен для них выбор тока струйной подзарядки. Поскольку они плохо поглощают энергию перезаряда, ток струйной подзарядки должен быть существенно

меньше, чем для никель-кадмиевых батарей. Для никель-металлгидридных батарей рекомендуется ток струйной подзарядки не более 0,05С. По этой причине зарядные устройства, предназначенные для зарядки никель-кадмиевых батарей непригодны для зарядки никель-металлгидридных, но зарядные устройства никель-металлгидридных батарей можно с успехом применять для зарядки никель-кадмиевых.

Медленный заряд никель-металлгидридных батарей трудно осуществим или вообще невозможен. При токе заряда 0,1...0,3С определить конец заряда по скорости нарастания температуры батареи или перепаду напряжения на ней становится невозможным. Поэтому, если устройства медленного заряда и применяют, то единственный способ завершения цикла заряда — отключение по сигналу таймера. Назвать такой метод хорошим нельзя: перезаряд может привести к губительным для батареи последствиям, особенно, если она установлена на зарядку в частично разряженном или в заряженном состоянии. То же самое может иметь место, если, например, заряжать батарею, утратившую свою емкость на 50 % из-за старения: при заряде в течение фиксированного промежутка времени он должен быть рассчитан так, чтобы батарея могла получить 100 % необходимой энергии. А если она способна из этих 100 % взять только 50 %, значит, остальная энергия выделится в виде тепла (читай: произойдет перегрев батареи со всеми вытекающими последствиями).

Некоторые дешевые зарядные устройства не могут обеспечить полного заряда батареи, т. к. они определяют момент конца заряда по пиковому напряжению на ней или по достижении ею пороговой температуры. Часто такие зарядные устройства рекламируют, подчеркивая их низкую цену и возможность быстро зарядить батарею. Но «не все то золото, что блестит».

Обобщим особенности процесса заряда никель-металлгидридных аккумуляторных батарей. Ток заряда для них должен быть не менее 0,5С, но не более 1С. Если ток заряда выбрать больше величины 1С, то в результате повышенного выделения газов произойдет принудительная вентиляция ее корпуса: под давлением откроется предохранительный клапан и, возможно, утечка электролита, что приведет к снижению емкости и срока службы батареи.

Если начать заряд полностью разряженной батареи током скоростного заряда 0,5...1С, то в течение цикла заряда ее ем-

кость полностью восстановить не удастся. Поэтому началу скоростного заряда должен предшествовать иницирующий струйный заряд током 0,2...0,3С. Как правило, его время составляет до 10 мин. После того как напряжение на ее элементах достигнет значения 0,8 В, можно начинать заряд током 0,5...1С. Обычно этот процесс в зарядных устройствах автоматизирован.

Для прекращения заряда по отрицательному ΔV перепаду напряжения его величина должна составлять не менее 5...10 мВ на элемент батареи. Для прекращения заряда по увеличению скорости нарастания температуры батареи ее значение должно составлять в среднем 1...2 °С/мин.

Для увеличения срока службы батарей их температура не должна превышать:

- 55 °С для аккумуляторов типоразмеров А, АА и D;
- 50 °С для аккумуляторов типоразмеров QА, ААА и призматических;
- 60 °С для аккумуляторов L-A, L-fatA, SC.

Данные с характеристиками аккумуляторов различных типоразмеров, выпускаемых основными производителями — компаниями GP и Panasonic, — представлены в приложениях.

В качестве альтернативы струйному заряду можно использовать подзарядку никель-металлгидридных батарей импульсами тока. Этот метод наилучшим образом подходит для батарей, используемых в источниках бесперебойного питания. При этом заряд происходит импульсами тока величиной 0,1С с паузой между ними. Длительность паузы определяется временем саморазряда. В качестве контрольной величины выступает значение напряжения на элементе: как только оно в результате саморазряда снизится до 1,3 В, следует очередной импульс тока заряда. Время заряда при использовании этого метода составляет 16 ч, и он прекращается по таймеру.

2.7. О зарядных устройствах никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей

Все зарядные устройства можно разделить на две большие группы: зарядные устройства индивидуального использования и промышленные зарядные устройства. К первой группе относятся недорогие зарядные устройства, предназначенные для заряд-

ки аккумуляторных батарей мобильных телефонов, портативных компьютеров и видеокамер. Они отличаются умеренным временем заряда.

В отличие от них промышленные зарядные устройства предназначены для зарядки и обслуживания большого парка батарей. Такие зарядные устройства поставляются как производителями аккумуляторных батарей (часто при их обозначении применяют сокращение OEM — Original Equipment Manufacturer — производитель оригинального оборудования), так и сторонними фирмами. Если зарядные устройства OEM отвечают всем основным требованиям, то зарядные устройства от сторонних производителей, дабы заинтересовать покупателя, имеют дополнительные полезные функции. К ним относятся, например, подзарядка несимметричными импульсами тока, возможность разряда для восстановления емкости батареи, индикация состояния заряда (в технической документации обозначается как SoC — State of Charge), индикация общего состояния батареи (SoH — State of Health). Следует отметить, что продукция сторонних производителей зарядных устройств, кроме высоких характеристик и дополнительных функциональных возможностей, имеет и очень привлекательные цены. Но нельзя забывать и о том, что в продаже есть 350многожество некачественных зарядных устройств, изготовленных никому не известными фирмами. Использовать их небезопасно как для здоровья аккумуляторных батарей, так и для своего собственного.

Одной из проблем некоторых зарядных устройств, особенно применяемых для зарядки никель-кадмиевых аккумуляторных батарей, является неуправляемый перезаряд батарей. При этом сильный нагрев батарей приводит к их выходу из строя. Перезаряд обычно происходит после того, как в процессе заряда батарея станет теплой на ощупь, т. е. будет иметь температуру, близкую к температуре тела человека.

Избежать нагрева батарей при заряде удастся не всегда. Батарея достигает максимальной температуры в момент ее полного заряда. Ее температура в этот момент умеренна. По завершении зарядки начинает светиться индикатор готовности (Ready), и зарядное устройство переходит в режим струйной (trickle) подзарядки. Батарея постепенно остывает до комнатной температуры. Если же ее температура не снижается и остается выше комнатной, это свидетельствует о некорректной работе зарядного

устройства или его неисправности. В таком случае батарею нужно из него извлечь сразу же после включения индикатора ее готовности. Любое продолжение процесса заряда, даже струйного, приведет к ее выходу из строя. Особенно это предостережение относится к никель-металлгидридным аккумуляторным батареям. В режиме струйного заряда импульсами тока значительной величины они могут оставаться холодными, но при этом процессы, приводящие к их выходу из строя, будут продолжаться. Поэтому батареи при использовании подобных зарядных устройств долго служить не будут.

Заряженные аккумуляторные батареи лучше хранить где-нибудь на полке, чем оставлять во включенном зарядном устройстве на несколько дней. Даже при кажущейся безопасности струйной подзарядки заряженной батареи в зарядном устройстве в никель-кадмиевых батареях происходит процесс кристаллизации химических веществ (эффект памяти). Кристаллизация уменьшает активную площадь пластин аккумулятора, что эквивалентно уменьшению емкости. Эффект памяти присущ и никель-металлгидридным батареям, но в значительно меньшей степени, что позволяет производителям и их дилерам в рекламных целях утверждать, что такие батареи этого недостатка лишены. При необходимости использования батареи через длительное время после зарядки, перед использованием ее необходимо подзарядить. Все вышесказанное не относится к литий-ионным аккумуляторным батареям. Большинство из них могут оставаться подключенными к зарядному устройству сколь угодно долго без угрозы выхода из строя.

Емкость и срок службы аккумуляторных батарей очень сильно зависят от типа и качества зарядных устройств, используемых для их заряда, которые обеспечивают определенный метод заряда и выбор режима разряда. Выбор хорошего зарядного устройства для потребителя часто является вопросом второстепенной важности, особенно при использовании аккумуляторов в бытовой электронной технике. Однако это очень важный вопрос, и решать его нужно сразу, чтобы впоследствии не удивляться, почему так быстро приходится заменять дорогостоящую аккумуляторную батарею или почему она не держит заряд. В большинстве случаев деньги, вложенные в приобретение хорошего зарядного устройства, оправдывают себя в результате эффективной работы и длительного срока службы аккумуляторной батареи.

Для никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей существует три типа зарядных устройств. К ним относятся:

1. Зарядные устройства нормального (медленного) заряда или Slow Chargers. Зарядные устройства этого класса, применяемые для заряда аккумуляторных батарей сотовых телефонов, иногда называют ночными. Ток нормального заряда составляет 0,1C (C — Capacity — емкость аккумуляторной батареи). Время заряда — 14...16 ч. При таком малом токе заряда трудно определить время его окончания. Поэтому обычно индикатор готовности батареи в зарядных устройствах для нормального заряда отсутствует. Они самые дешевые и предназначены только для зарядки никель-кадмиевых батарей. Для зарядки обоих типов аккумуляторных батарей используются другие, более совершенные зарядные устройства. Если зарядный ток установлен правильно, полностью заряженная батарея становится чуть теплой на ощупь. В таком случае нет необходимости немедленно отключать ее от зарядного устройства. В нем она может оставаться более чем на один день. Но все же ее отсоединение сразу после окончания заряда — лучший вариант. При использовании таких зарядных устройствах проблемы возникают, если они используются для зарядки батарей малой емкости (менее 1 мА·ч), в то время как рассчитаны для работы с более мощными батареями. В таком случае батарея станет нагреваться уже по достижении 70 % своей емкости. Поскольку возможность уменьшить ток заряда или прекратить его процесс вообще отсутствует, то во второй половине цикла заряда начнется процесс теплового разрушения батареи. Единственно возможный способ сохранить батарею, это отключить ее, как только она станет теплой. В случае, если для зарядки мощной батареи используется недостаточно мощное зарядное устройство, батарея в процессе заряда будет оставаться холодной и никогда не будет заряжена до конца. Тогда из-за эффекта памяти она потеряет часть своей емкости.

2. Устройства быстрого заряда (Quick Chargers). Они позиционируются как зарядные устройства среднего класса как по скорости заряда, так и по цене. Заряд аккумуляторов в них происходит в течение 3...6 ч током около 0,3C. В качестве необходимого элемента они имеют схему контроля достижения батареей определенного напряжения в конце заряда и ее отключения в этот момент. Такие зарядные устройства обеспечивают лучшее по

сравнению с устройствами медленного заряда обслуживание батарей: батареи служат дольше, если их заряжать более сильным током, не допускать их нагрева и перезаряда. Однако разброс параметров батарей делает использование устройств быстрого заряда неэффективным. В настоящее время они уступили свое место зарядным устройствам скоростного заряда.

3. Устройства скоростного заряда (Fast Chargers). Такие зарядные устройства имеют несколько преимуществ перед зарядными устройствами других типов. Главное из них — меньшее время заряда. Хотя из-за большей мощности источника напряжения и необходимости применения специальных узлов контроля и управления такие зарядные устройства имеют наиболее высокие цены, они окупаются за счет обеспечения хороших характеристик аккумуляторных батарей и их более длительного срока службы. Время их заряда в зарядных устройствах такого типа зависит от тока заряда, степени разряда батареи, ее емкости и типа. При токе заряда 1С разряженная никель-кадмиевая батарея заряжается в среднем менее чем за один час. Если же батарея полностью заряжена, некоторые зарядные устройства переключаются в режим подзарядки пониженным током заряда и с отключением по сигналу таймера. По окончании процесса заряда зарядное устройство переключается в режим струйной подзарядки для компенсации саморазряда батареи.

Современные устройства скоростного заряда обычно применяются для зарядки как никель-кадмиевых, так и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей. Поскольку этот процесс происходит при повышенном токе заряда и за ним необходим контроль, очень важно, чтобы в конкретном зарядном устройстве заряжались только те аккумуляторы, перечень которых рекомендован его производителем. Некоторые батареи кодируются электрически на заводах-изготовителях с той целью, чтобы зарядное устройство могло определить их тип и основные электрические характеристики. После этого оно автоматически выставит величину тока и задаст алгоритм процесса заряда, соответствующие установленной в него аккумуляторной батарее. Свинцово-кислотные и литий-ионные аккумуляторные батареи имеют алгоритмы заряда, не совместимые с алгоритмом заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей. Поэтому для заряда последних их использовать нельзя.

3.1. Особенности конструкции свинцово-кислотных батарей

Первый работоспособный свинцово-кислотный аккумулятор был изобретен в 1859 г. французским ученым Гастоном Планте. Его конструкция представляла собой электроды из листового свинца, разделенные сепараторами из полотна, которые были свернуты в спираль и помещены в сосуд с 10 % раствором серной кислоты.

Недостатком первых свинцово-кислотных аккумуляторов была их низкая емкость. Первоначально для ее увеличения проводили большое число циклов заряда-разряда. Для достижения существенных результатов требовалось до двух лет таких тренировок. Причина недостатка была явной — конструкция пластин. Поэтому дальнейшее совершенствование конструкции свинцово-кислотных аккумуляторов было направлено на совершенствование конструкции используемых в них пластин и сепараторов.

В 1880 г. К. Фор предложил технологию изготовления намазных электродов путем нанесения на пластины окислов свинца. Такая конструкция электродов позволила значительно увеличить емкость аккумуляторов. А в 1881 г. Э. Фолькмар предложил использовать в качестве электродов намазную решетку. В том же году ученому Селлону был выдан патент на технологию изготовления решеток из сплава свинца и сурьмы.

Первоначально практическое применение свинцово-кислотных аккумуляторов было затруднено из-за отсутствия зарядных устройств — для заряда использовали первичные элементы конструкции Бунзена. То есть химический источник тока заряжался от другого химического источника — батареи гальванических

элементов. Положение кардинально изменилось с появлением недорогих генераторов постоянного тока.

Именно свинцово-кислотные батареи первыми в мире из аккумуляторных батарей нашли коммерческое применение. К 1890 году во многих промышленно развитых странах был освоен их серийный выпуск. В 1900 году немецкая фирма Varta выпустила первые стартерные аккумуляторы для автомобилей.

В 70-х годах прошлого, XX века были созданы необслуживаемые свинцово-кислотные батареи, способные работать в любом положении. Жидкий электролит в них заменили гелевым или абсорбированным (впитанным) сепараторами электролитом, батареи герметизировали, а для отвода газов, выделяющихся при заряде или разряде, установили безопасные клапаны. Были разработаны новые конструкции пластин на основе медно-кальциевых сплавов, покрытых оксидом свинца, на основе титановых, алюминиевых и медных решеток.

Активные вещества аккумулятора сосредоточены в электролите и положительных и отрицательных электродах, а совокупность этих веществ называется электрохимической системой. В свинцово-кислотных аккумуляторных батареях электролитом является раствор серной кислоты, активным веществом положительных пластин — двуокись свинца PbO_2 , отрицательных пластин — свинец Pb .

Для того чтобы было легче разобраться в многообразии свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, следует знать об их делении на группы по режиму их эксплуатации и по технологии изготовления. Это поможет понять, как правильно подобрать аккумуляторную батарею для решения конкретных задач, как правильно выбрать режимы заряда и разряда, какие внешние факторы и как будут влиять на ее работу в процессе эксплуатации.

По режиму эксплуатации аккумуляторные батареи делятся на три группы:

1. Батареи для работы в буферном режиме, когда батарея работает в буфере с основным источником напряжения, например, сетевым блоком питания. При этом основное ее назначение — резервный источник питания. Периоды разряда батареи по сравнению с периодами заряда непродолжительны. Большую часть времени она постоянно подзаряжается. В буферном режиме работают батареи резервного питания базовых станций мобильной

связи, АТС, сетевые коммутаторы провайдеров Интернет, источники бесперебойного питания персональных компьютеров и серверов (UPS) и т. д.

2. Батареи для работы в циклическом режиме, который характерен их разрядом в течение какого-то времени и последующим зарядом. Циклический режим работы аккумуляторных батарей используется гораздо реже, чем буферный. Примером такого режима можно назвать работу электротранспорта и устройств с автономным питанием: в течение рабочего дня происходит разряд тяговых батарей или батарей питания, а после его окончания эти батареи ставят на заряд.

3. Батареи для работы в смешанном режиме, например автомобильные батареи.

По конструкции свинцово-кислотные аккумуляторные батареи можно разделить на батареи с жидким электролитом — обслуживаемые и необслуживаемые — и батареи с регулируемыми клапанами (VRLA — Valve Regulated Lead Acid batteries) — с увлажненными сепараторами и с гелевым электролитом. На рис. 3.1 такое разделение представлено схематично.

В различной технической литературе можно встретить такие названия батарей, как SLA — Sealed Lead Acid batteries — герметичные свинцово-кислотные батареи, относящиеся к VRLA батареям (фото 3.1). Хотя это не вполне соответствует истине: абсолютно герметичных батарей не существует по той причине, что во всех них используются клапаны для снижения внутрикорпусного давления. Очень часто, подчеркивая это, вместо термина «герметичные батареи» употребляют термин «герметизированные батареи». Встречается также название Gelcell — торговая марка гелевых батарей. Стартерные батареи иногда сокращенно

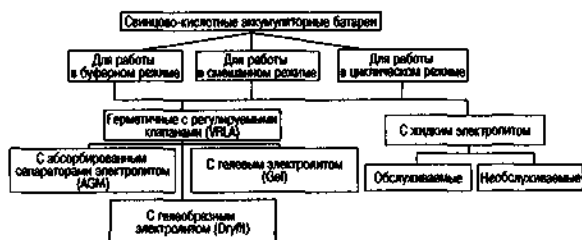


Рис. 3.1. Виды свинцово-кислотных аккумуляторных батарей

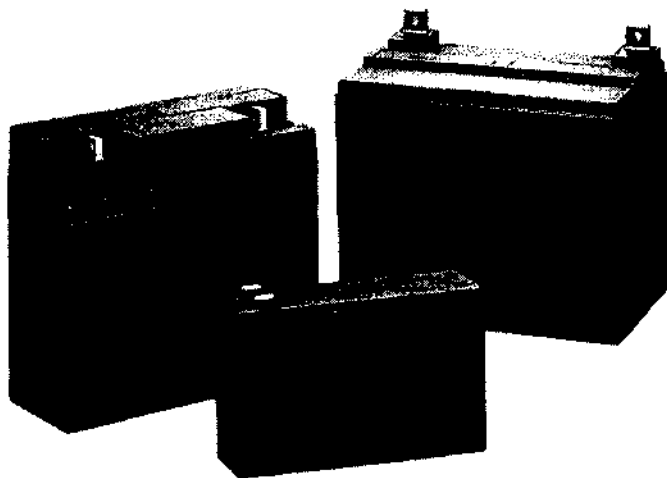


Фото 3.1. SLA батареи производства компании Panasonic

называют SLI, что расшифровывается как Start, Light, Ignition — пуск, освещение, зажигание.

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи до сих пор остаются самыми надежными, долговечными и не требующими высоких эксплуатационных затрат химическими источниками тока. В настоящее время производятся и активно эксплуатируются аккумуляторные батареи трех поколений:

1. Батареи первого поколения — батареи с жидким электролитом открытого или закрытого типа, имеющие емкость от 36 до 5328 А·ч и срок службы от 10 до 20 и более лет. Батареи открытого типа не имеют крышек, и электролит непосредственно соприкасается с открытым воздухом. Основные затраты при их эксплуатации — это затраты на обслуживание, связанные с необходимостью частой доливки дистиллированной воды, и расходы на содержание хорошо вентилируемых помещений, в которых их устанавливают. Батареи закрытого типа имеют специальные пробки, обеспечивающие задержку аэрозоли серной кислоты. Пробки для заливки электролита и добавления воды при эксплуатации вывинчиваются. Батареи закрытого типа могут быть и необслуживаемыми: от производителя они поставляются залитыми и заряженными, и в течение срока службы нет необходимости доливки воды, т. к. конструкция пробок таких батарей обеспечивает удержание электролита в виде конденсата. Кроме исполь-

зования в качестве стационарных, батареи закрытого типа являются основным типом батарей, используемых в автотракторной технике в качестве стартерных и тяговых.

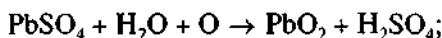
2. Батареи второго поколения, которыми являются герметизированные гелевые батареи. В них вместо жидкого электролита используется гелеобразный, представляющий собой желе, полученное в результате смешивания раствора серной кислоты с загустителем (обычно это двуокись кремния SiO_2 — силикагель). Технология производства гелевых батарей получила название GEL. Гелевые батареи в течение всего срока эксплуатации не нуждаются в обслуживании, их нельзя вскрывать. Для их подзаряда необходимо использовать зарядные устройства, обеспечивающие нестабильность напряжения заряда не хуже $\pm 1\%$ для предотвращения обильного газовыделения. Такие аккумуляторные батареи критичны к температуре окружающей среды.

3. Батареи третьего поколения — это герметизированные батареи с абсорбированным сепараторами электролитом. Часто их называют батареями, собранными по AGM-технологии. AGM — Absorbed in Glass Mat, т. е. технология, при которой электролит абсорбирован в сепараторах из стекловолокна, размещенных между электродами. Такой сепаратор представляет собой пористую систему, в которой капиллярные силы удерживают электролит. При этом количество электролита дозируется так, чтобы мелкие поры были заполнены, а крупные оставались свободными для свободной циркуляции выделяющихся газов. По своим свойствам AGM батареи подобны гелевым, за исключением того, что газообразование в них существенно меньше, и меньшее влияние на их работу оказывает температура окружающей среды. Как и для гелевых аккумуляторных батарей, для них требуются зарядные устройства, обеспечивающие нестабильность напряжения заряда не хуже $\pm 1\%$.

К сожалению, в России герметизированные свинцово-кислотные аккумуляторы не производятся.

При заряде свинцово-кислотных батарей протекают реакции:

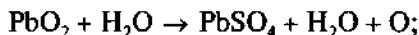
- у положительных пластин:



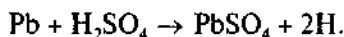
- у отрицательных пластин:

При разряде свинцово-кислотных батарей протекают реакции:

- у положительных пластин:



- у отрицательных пластин:



На рис. 3.2 и 3.3 в качестве примера показано устройство свинцово-кислотных VRLA батарей для систем бесперебойного питания производства компании Panasonic и автомобильных свинцово-кислотных VRLA батарей производства компании Varta. Выводы автомобильных батарей имеют стандартную форму в виде конуса. Выводы же батарей другого назначения могут иметь различную конструкцию. Более подробная информация о конструкции выводов свинцово-кислотных батарей и их расположении приведена в приложениях.

На рис. 3.4. показан типовой цикл производства свинцово-кислотных батарей на примере компании Varta.

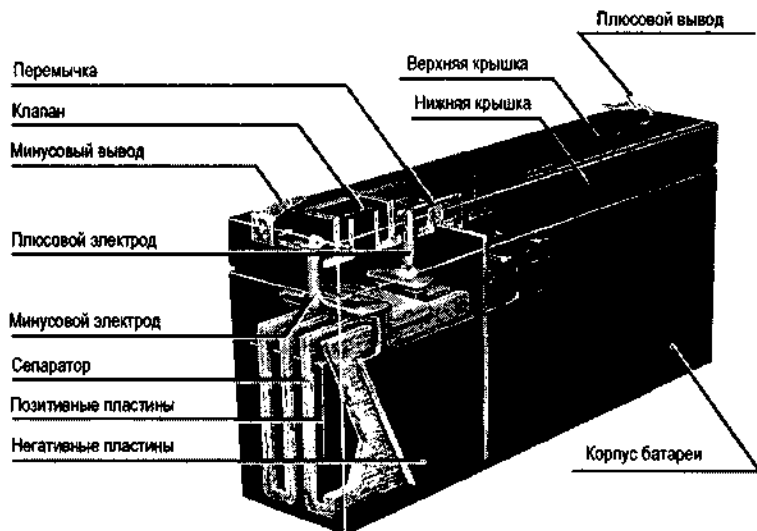


Рис. 3.2. Устройство VRLA батареи Panasonic



Рис. 3.3. Устройство автомобильной батареи Varta



Рис. 3.4. Цикл производства автомобильных свинцово-кислотных батарей (пример)

Конструкция батарей различных фирм, их выпускающих, может иметь свои особенности, например, особую конструкцию сепараторов или решеток или применение специфических добавок при изготовлении пластин. Часто при обозначении типа аккумуляторной батареи указывают ее маркировку, которая определяется конструкцией отрицательных пластин (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Маркировка	Особенности конструкции	Стандарт
GroE	Стационарные батареи с поверхностными положительными пластинами в традиционной компоновке	DIN 40732
	Стационарные батареи с поверхностными положительными пластинами в узкой компоновке	DIN 40738
OPzS	Стационарные батареи с панцирными положительными пластинами и разделителями	DIN 40736 DIN 40737
OGi	Стационарные батареи с решетчатыми положительными пластинами	DIN 40734 DIN 40739
GV	Моноблочные батареи с решетчатыми положительными пластинами	DIN 43534

При изготовлении свинцово-кислотных аккумуляторных батарей применяют химические добавки. Например, к свинцу добавляют сурьму (доля в сплаве 1...10 %), которая обеспечивает более прочный электрический контакт активного материала с решеткой, предотвращает его осыпание, что позволяет увеличить срок службы аккумуляторных батарей. Кроме свинцово-сурьмяных, используют также свинцово-кальциевые сплавы, позволяющие сделать пластины более легкими и прочными при сохранении высоких электрических и механических характеристик.

Правильный подбор металлов, химикатов и добавок помогает достичь компромисса и баланса между высокой энергетической плотностью, длительностью срока хранения, увеличением срока службы и безопасностью при эксплуатации. Высокой энергетической плотности можно достичь сравнительно легко, например, добавив вместо кобальта никель. Емкость батареи при этом возрастет, снизится ее стоимость, но при этом ухудшится и безопасность ее эксплуатации. Начинающие свой бизнес компании могут во главу угла поставить максимально возможную емкость выпускаемых батарей, пренебрегая всем остальным. Но производители с высокой репутацией на рынке, такие, как EXIDE, FIAMM, HOPPECKE, Panasonic, Varta и другие, на первое место всегда ставят безопасность своей продукции и продают только безопасные и надежные аккумуляторные батареи.

Пример конструкции предохранительного клапана свинцово-кислотной VRLA батареи показан на рис. 3.5. Обычно его изготавливают из неопрена. В результате нарушения режима заряда,

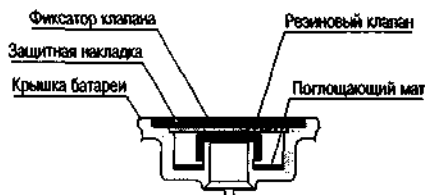


Рис. 3.5. Пример конструкции предохранительного клапана

неисправности зарядного устройства, когда заряд протекает при повышенном токе, в батарее происходит активное газообразование. Когда давление газов достигнет величины $7,1...43,6$ кПа ($0,7...4,45$ кгс/м²), клапан откроется для обеспечения вентиляции батареи, и благодаря этому устраняется опасность ее взрыва. Другая роль клапана — не допустить попадания внутрь корпуса атмосферного кислорода во избежание его реакции с активным материалом негативных пластин.

Большинство типов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей имеют элементы призматической формы. Поэтому прямоугольные корпуса для них изготавливаются из пластмасс. Хотя некоторые типы батарей VRLA производятся на основе цилиндрических элементов, сохраняя все преимущества последних. Они обеспечивают более высокую стабильность работы элементов, больший ток разряда, лучшую температурную стабильность по сравнению с батареями, собранными из призматических элементов.

Напряжение на элементе свинцово-кислотной батареи составляет 2,2 В. Среди всех типов аккумуляторов свинцово-кислотные отличаются наименьшей энергетической плотностью. В них отсутствует «эффект памяти». Их продолжительный заряд не станет причиной выхода батареи из строя.

Способность сохранять заряд у этих батарей наилучшая из всех типов аккумуляторных батарей. Если никель-кадмиевые батареи в течение трех месяцев теряют 40 % сохраненной энергии, то свинцово-кислотные батареи теряют 40 % энергии только за год. Они недороги, но эксплуатационные расходы на них выше, чем на те же никель-кадмиевые батареи.

Время заряда свинцово-кислотных батарей составляет 8...16 часов. Они всегда должны храниться в заряженном состоянии, так как хранение в незаряженном состоянии приведет к сульфат-

тации пластин — причине потери емкости, а в перспективе и к тому, что батарею впоследствии зарядить не удастся вообще.

В отличие от никель-кадмиевых свинцово-кислотные батареи не любят глубоких циклов заряд/разряд. Полный разряд может стать причиной деформации пластин, и каждый цикл заряда/разряда батареи впоследствии ведет к снижению ее емкости. Такие потери относительно невелики, пока батарея работает в нормальных условиях, но даже единственный случай ее перегрузки и, как результат, глубокого разряда приведет к потере ее емкости примерно на 80 %. Для предупреждения таких случаев рекомендуется использовать батареи повышенной емкости.

В зависимости от глубины разряда и рабочей температуры ресурс или срок службы свинцово-кислотной батареи может составлять от 1 года до 20 и более лет. Кроме того, в значительной мере срок службы определяется конструкцией элементов батареи.

Существует несколько способов увеличения емкости и срока службы свинцово-кислотных батарей. Оптимальная рабочая температура для таких батарей составляет 25 °C, и ее увеличение на каждые 10 °C сокращает срок службы батареи наполовину. Например, VRLA батарея при температуре 25 °C может работать 10 лет, а при температуре 33 °C — только 5 лет, ну а при температуре 42 °C — всего лишь 1 год.

Преимущества свинцово-кислотных батарей:

- дешевизна и простота производства — по стоимости 1 Вт · ч энергии эти батареи являются самыми дешевыми;
- отработанная, надежная и хорошо понятная технология обслуживания;
- малый саморазряд — самый низкий по сравнению с аккумуляторными батареями других типов;
- низкие требования по обслуживанию — отсутствует «эффект памяти», не требуется доливки электролита;
- допустимы высокие токи разряда.

Недостатки свинцово-кислотных батарей:

- не допускается хранение в разряженном состоянии;
- низкая энергетическая плотность — большой вес аккумуляторных батарей ограничивает их применение в стационарных и портативных системах.

- допустимо лишь ограниченное количество циклов полного разряда;
- кислотный электролит и свинец оказывают вредное воздействие на окружающую среду;
- при неправильном заряде возможен перегрев.

Свинцово-кислотные батареи имеют настолько низкую энергетическую плотность по сравнению с другими типами батарей, что это делает нецелесообразным использование их в качестве источников питания переносных устройств. Хотя примеры их применения в портативной электронной технике есть. Кроме того, при низких температурах их емкость существенно снижается.

3.2. Заряд свинцово-кислотных аккумуляторных батарей

Алгоритм заряда свинцово-кислотных батарей отличается от алгоритма заряда никель-кадмиевых батарей — более критичным является ограничение напряжения, чем ограничение тока заряда. Время заряда герметичных свинцово-кислотных батарей составляет 12...16 ч. Если увеличить ток и применить методы многоступенчатого заряда, его можно сократить до 10 ч и менее. Зарядить герметичные свинцово-кислотные батареи так же быстро, как никель-кадмиевые, нельзя.

Вообще, свинцово-кислотные батареи, как и никель-кадмиевые, по назначению можно разделить на две большие группы:

1. Батареи, используемые как основной источник питания, для которых характерны повторяющиеся циклы заряд/разряд, т. е. батареи циклического применения.

2. Батареи, используемые в резервных источниках питания, например в ИБП, и работающие в буферном режиме.

Соответственно этому делению различаются и возможные методы их заряда: для первой группы применяются методы заряда при постоянном напряжении заряда и при постоянных значениях напряжения и тока заряда, а для второй — метод двухступенчатого заряда при постоянном напряжении заряда и метод компенсирующего заряда (сприунной подзарядки).

Метод заряда при постоянном напряжении заряда

Метод заряда при постоянном напряжении заряда является основным методом для батарей, работающих в циклическом режиме. При таком методе к выводам батареи прикладывается постоянное напряжение из расчета 2,45 В на элемент при температуре воздуха 20...25 °С. Величина этого напряжения может для различных типов батарей от разных производителей незначительно отличаться. В технической документации на аккумуляторные батареи четко указывают значение напряжения заряда и информацию по его поправкам для тех случаев, когда температура окружающей среды отличается от нормальной (25 °С).

Заряд считается завершенным, если ток заряда остается неизменным в течение трех часов. Если не осуществлять контроль над постоянством напряжения на батарее, может наступить ее перезаряд. В результате электролиза, из-за того, что негативные пластины перестают активно поглощать кислород, вода электролита начинает разлагаться на кислород и водород, испаряясь из батареи. Уровень электролита в батарее снижается, что приводит к ухудшению протекания в ней химических реакций, и ее емкость будет уменьшаться, а срок службы — сокращаться. Поэтому заряд таким методом должен протекать при обязательном контроле напряжения и времени заряда, что позволит увеличить срок службы батареи.

На этот метод заряда следует обратить внимание, как на самый простой. Ранее в отечественной литературе при заряде негерметичных свинцово-кислотных батарей считалось нормой производить их заряд начальным током, равным 0,1С в течение 8...12 часов при напряжении заряда из расчета 2,4 В на элемент батареи.

На рис. 3.6 в качестве примера показаны характеристики заряда 4-, 6- и 12-вольтовых свинцово-кислотных батарей, разряженных на 50 % и 100 %. Степень разряда определяется напряжением конца разряда на батарее.

При заряде при постоянном напряжении, зарядное устройство должно иметь таймер для отключения батареи по окончании заряда или другое устройство, обеспечивающее контроль времени или степени заряда батареи и выдающее сигнал отключения управляющему устройству. Это позволит избежать как ее недостаточного заряда, так и перезаряда. Следует помнить, что

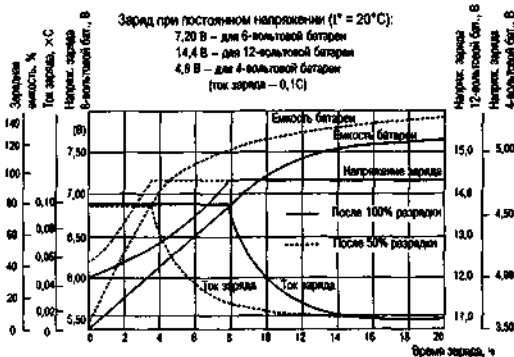


Рис. 3.6. Характеристики заряда при разряде батарей на 50 и 100 %

прерывание заряда сокращает срок службы аккумуляторной батареи.

Нельзя заряжать полностью заряженную батарею — перезаряд может привести к ее порче. При циклической эксплуатации батареи время заряда не должно превышать 24 часов.

Метод заряда при постоянных значениях напряжения и тока заряда

Используя метод заряда при постоянном напряжении и токе заряда, сначала выставляют ток заряда, равный 0,4С, а затем контролируют величину напряжения, которое к концу заряда при комнатной температуре 20...25 °С должно составлять 2,45 В на элемент. Время заряда составляет 6...12 часов в зависимости от степени разряда батарей. Графики, характеризующие изменение напряжения на батарее и тока заряда, показаны на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Характеристики заряда при постоянных значениях напряжения и тока заряда

Метод двухступенчатого заряда при постоянном напряжении заряда

Метод двухступенчатого заряда при постоянном напряжении заряда, как и следует из его названия, происходит в два этапа: сначала заряд при более высоком напряжении заряда, а затем заряд при более низком напряжении заряда (струйный или компенсирующий заряд). Структурная схема зарядного устройства, работающего по этому методу, представлена на рис. 3.8. В него входят источник питания, два ключа напряжения: повышенного — SW1 и пониженного — SW2, а также цепь контроля тока заряда, обеспечивающая управление работой зарядного устройства.

Работу зарядного устройства поясняет график характеристики заряда (рис. 3.9). Заряд начинается с подачи на батарею повышенного напряжения заряда через ключ SW1. При этом ток начала заряда выбирают, как правило, равным $0,15C$, а время первого этапа заряда — 10 ч. По мере заряда батареи ток заряда уменьшается, и, когда его значение достигнет определенной величины, произойдет выключение ключа SW1 и включение ключа

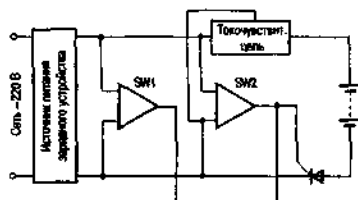


Рис. 3.8. Структурная схема зарядного устройства для двухступенчатого заряда

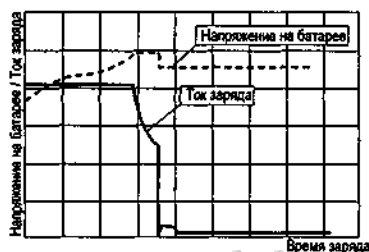


Рис. 3.9. Характеристики двухступенчатого заряда

ча SW2. Зарядное устройство перейдет в режим струйной подзарядки малым током (обычно 0,05C).

При двухступенчатом заряде начальный ток первого этапа не должен превышать значения 0,4C, а ток струйной подзарядки — 0,15C. Типовые значения напряжений заряда при различных температурах окружающей среды приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Этап заряда	Напряжение батареи, В	Температура, °C		
		0	25	40
Основной	6	7,7	7,4	7,1
	12	15,4	14,7	14,2
Компенсирующий (струйный)	6	7,1	6,8	6,7
	12	14,1	13,7	13,4

Как было сказано выше, такой метод заряда используется в системах резервного питания: в источниках бесперебойного питания компьютеров и аппаратуры связи, в системах аварийного освещения и т. д. Его важным преимуществом является сокращенное время заряда батареи при переходе из рабочего режима в дежурный, до состояния струйной (компенсационной) подзарядки при малой величине тока заряда.

Данный метод нельзя применять, если батарея работает в буфере с нагрузкой (т. е. если нагрузка соединена с ней параллельно).

Метод компенсирующего заряда

Метод компенсирующего заряда, который называют также методом струйной подзарядки, обычно применяют на заключительной стадии процесса заряда. Однако применяют его и как самостоятельный метод заряда при заряде свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, работающих в дежурном режиме. На рис. 3.10 представлена структурная схема источника бесперебойного питания, в котором аккумуляторная батарея играет роль вторичного — резервного источника питания и большую часть времени работает в дежурном режиме.

В таком источнике в случае сбоя основного источника в работу вступает аккумуляторная батарея. Если ее разряд был не продолжительным, то емкость снизилась незначительно, то для



Рис. 3.10. Структурная схема источника бесперебойного питания

заряда будет достаточен компенсирующий заряд батареи, который обеспечит постепенное восстановление ее рабочей емкости. Однако при глубоком разряде потребуются применение другого зарядного устройства, способного обеспечить достаточно высокий ток заряда. В случае глубокого разряда и последующей за ним струйной подзарядке может произойти сульфатация пластин батареи со всеми вытекающими последствиями.

При таком методе заряда следует также учесть, что длительный заряд при незначительных колебаниях напряжения заряда существенно снижает срок службы батареи. Поэтому должна быть предусмотрена его стабилизация. Отклонение напряжения заряда от нормы не должно превышать $\pm 1\%$. Кроме того, поскольку зарядные характеристики зависимы от температуры окружающей среды, зарядное устройство должно иметь схему термокомпенсации.

Нельзя утверждать, что компенсирующий заряд столь полезен для свинцово-кислотных батарей, потому что этот метод обычно используют в двух случаях: при их незначительном разряде и для подзарядки заряженных батарей с целью компенсации их саморазряда.

Для свинцово-кислотных аккумуляторов недопустим недостаточный заряд, т. к. это приводит к сульфатации отрицательных пластин, недопустим и перезаряд, вызывающий коррозию положительных пластин. При компенсирующем заряде, если он продлится слишком долго, начнется перезаряд батареи и, кроме того, будет происходить выкипание электролита.

Метод плавающего заряда

Заряд называется плавающим в том случае, если аккумуляторная батарея подключена параллельно нагрузке, и он происходит постоянно. Упрощенная схема подключения батареи (не по-

казано устройство контроля процесса заряда) представлена на рис. 3.11.

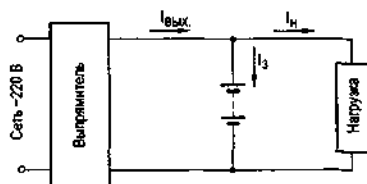


Рис. 3.11. Система с зарядкой батареи методом плавающего заряда

При такой схеме включения особые требования предъявляются к выпрямителю источника питания. Его выходной ток складывается из тока заряда аккумуляторной батареи и тока нагрузки. Нагрузочная способность источника питания должна быть настолько высокой, чтобы его выходное напряжение при максимальном токе нагрузки оставалось практически неизменным. Напряжение плавающего заряда выбирают из расчета 2,23...2,3 В на элемент батареи при температуре 20 °С. При изменении температуры в пределах -30...50 °С оно может изменяться от 2,55 до 2,15В соответственно. Источник питания должен быть стабилизированным, и колебания напряжения не должны превышать 30 мВ на элемент.

Метод многоступенчатого заряда

Зарядное устройство многоступенчатого заряда производит его в три ступени: заряд постоянным током, основной заряд и компенсирующий заряд. Заряд постоянным током протекает примерно в течение 5 ч и обеспечивает заряд батареи до 70 % ее емкости, оставшиеся 30 % емкости она «добирает» в течение медленного основного заряда. Основной заряд длится следующие 5 ч, и именно он обеспечивает «здоровье» аккумуляторной батареи. Его можно сравнить с коротким отдыхом после сытного обеда, предшествующего работе. Если батарея зарядилась не полностью, она постепенно начнет терять способность достигать состояния полного заряда, и ее емкость уменьшится. Третья ступень зарядного цикла — струйная подзарядка, которая компенсирует саморазряд полностью заряженной батареи. В табл. 3.3 дана сравнительная характеристика основных методов заряда.

Таблица 3.3

Метод заряда/ Приложения	Время заряда не менее 6 ч; заряд при постоянном напряжении заряда	Двухступенчатый заряд при постоянном напряжении заряда	Заряд при постоянном токе заряда
Циклический (основной) заряд	Напряжение заряда 7,25...7,45 В для 6-вольтовых и 14,5...14,9 В для 12-вольтовых батарей. Начальный ток заряда 0,4С и менее		
Компенсированный заряд (струйная подзарядка)	Напряжение заряда 6,8...6,9 В для 6-вольтовых и 13,6...13,8 В для 12-вольтовых батарей	Начальный ток заряда около 0,15С. Заряд в режиме струйной подзарядки – около 0,05С	
Плавающий заряд	Напряжение заряда 6,8...6,9 В для 6-вольтовых и 13,6...13,8 В для 12-вольтовых батарей. При плавающем заряде компенсируются флуктуации напряжения нагрузки		Ток заряда около 0,1С
Восстановительный заряд	Обычно используется при заряде двух и более батарей, разряженных до одинакового состояния		
Приложения	Аппаратура и системы общего назначения, переносные (в сумках) сотовые телефоны, ИБП, светильники, электронинструмент	Медицинское оборудование, радиостанции	

Восстановительный заряд

В случае, если произошел глубокий разряд батареи, необходимо срочно произвести ее восстановительный заряд. Сделать это следует как можно быстрее, т. к. хранение сильно разряженной свинцово-кислотной батареи приводит к сульфатации ее пластин и снижению емкости или вообще к ее выходу из строя.

Восстановительный заряд проводят при постоянном напряжении заряда и начальном токе заряда, равном 0,1...0,25С в течение 24 часов. Вид его зарядной характеристики показан на рис. 3.12.

Если батарея сульфатирована, она плохо «берет» заряд. При незначительной сульфатации с ней можно бороться. Для этого используют метод заряда асимметричным током. Принцип его прост: параллельно аккумуляторной батарее подключают нагрузку, и заряд происходит импульсами тока. Во время действия импульса зарядного тока происходит заряд батареи, а когда он не действует, батарея разряжается на нагрузку. Более подробно об

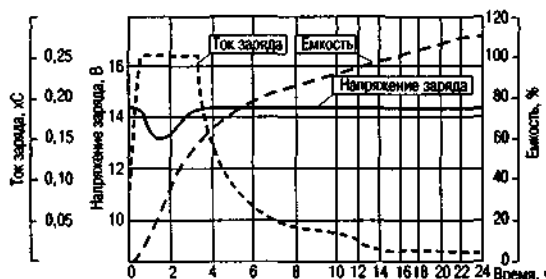


Рис. 3.12. Вид характеристики восстановительного заряда

этом методе рассказано ниже, в главе «Схемотехника зарядных устройств».

О выборе значения напряжения заряда и влиянии температуры окружающей среды

При заряде важную роль играет правильный выбор максимального напряжения заряда на элементе батареи. Его типовое значение составляет 2,30...2,45 В. В случае, если применяется метод медленного заряда, а также, если комнатная температура превышает 30 °С, рекомендуется выбирать напряжение заряда, равным 2,35 В на элемент батареи. А если используется метод быстрого заряда, и комнатная температура ниже 30 °С, то его величина должна составлять 2,40...2,45 В на элемент. Табл. 3.4 поясняет, какие преимущества и недостатки дает выбор допустимого напряжения заряда.

Таблица 3.4

Напряжение, В/эл.	Преимущества	Недостатки
2,30...2,35	Максимальный срок службы батареи; в процессе заряда она не нагревается; допустима температура окружающей среды выше 30 °С	Длительное время заряда; затруднительно определение степени заряда батареи. Если не пройдет цикл основного заряда, существует возможность глубокого разряда (произойдет сульфатация), которая приведет к уменьшению емкости батареи и ее выходу из строя
2,40...2,45	Меньшее время заряда; возможность более точно определить степень заряда; меньшая вероятность выхода батареи из строя в результате перезаряда	Сокращение службы батареи из-за повышения ее температуры в процессе заряда. Напряжение на нагретой батарее из-за пагубного перезаряда может достигнуть значения, соответствующего верхнему пределу допустимого напряжения заряда на элементе

Степень компенсирующего заряда зарядного цикла начинается сразу после завершения полного заряда батареи. При этом рекомендуемое значение напряжения заряда для батарей, допускающих низкое внутрикорпусное давление, составляет 2,25...2,30 В. Чаще всего выбирают его компромиссное значение — 2,27 В. Для правильного выбора значения этого напряжения необходимо учитывать температуру окружающей среды: при ее высоких значениях требуется его немного уменьшить, а при низких — увеличить (рис. 3.13). В хороших зарядных устройствах, предназначенных для эксплуатации в широком диапазоне температур, имеется специальная схема, контролирующая температуру окружающей среды и обеспечивающая установку напряжения компенсирующего заряда в соответствии с ее значением.

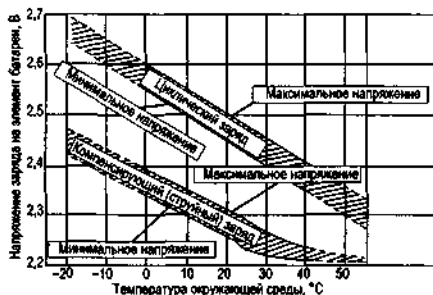


Рис. 3.13. Влияние температуры окружающей среды на выбор напряжения заряда

Если при выборе напряжения заряда правильно учитывать температуру окружающей среды, то срок службы батареи можно увеличить при температуре 30 °С примерно на 5 %, при 35 °С — на 10 %, при 40 °С — на 15 % относительно выбора постоянного напряжения заряда, соответствующего температуре 25 °С, при более высоких температурах.

Вопросы, связанные с эксплуатацией свинцово-кислотных батарей

Проблемой, о которой следует упомянуть, является неравномерное старение элементов одной батареи. Со временем внутри батарей образуются воздушные мешки, в некоторых происходит

избыточное выделение водорода, другие испытывают недостаток кислорода. Хотя элементы батареи соединены последовательно, контролировать в процессе заряда состояние каждого из них невозможно. При наличии в батарее элемента с пониженной емкостью, падение напряжения на нем наибольшее, поскольку он обладает наибольшим внутренним сопротивлением. Если в батарее имеется неисправный элемент с внутренним замыканием пластин, то напряжение на нем близко к нулю. В результате этого напряжение заряда между элементами батареи распределяется неравномерно: для какого-либо элемента приложенное напряжение может быть больше или меньше требуемого. Поэтому батарея начинает разрушаться — наиболее «слабые» элементы выходят из строя быстрее, нарушается режим заряда исправных элементов, что влечет за собой и выход их из строя.

Всплески напряжения, которые прикладываются к батарее во время заряда, также создают проблемы для свинцово-кислотных батарей, особенно для батарей с жидким электролитом, оснащенных вентиляционными клапанами (VRLA). Пики этого напряжения способствуют перезаряду и выделению водорода, а спады — глубокому разряду и кислородному голоданию. Происходит истощение электролита.

Емкость батареи можно оценить двумя способами (табл. 3.5): по плотности электролита и по напряжению на батарее под нагрузкой. Естественно, что способ оценки емкости по плотности электролита пригоден только для обслуживаемых батарей.

Таблица 3.5

Емкость батареи	Плотность электролита, кг/л	Напряжение на батарее, В	
		12-вольтная	6-вольтная
100 %	1,265	12,7	6,3
75 %	1,225	12,4	6,2
50 %	1,19	12,2	6,1
25 %	1,155	12,0	6,0
Полный разряд	1,12	11,9	5,9

Примечание. Напряжение измеряется вольтметром с нагрузкой на ток, определенный для батареи конкретной емкости.

Если приведенные в табл. 3.5 данные относятся к батареям с жидким электролитом открытого или закрытого типа, то в табл. 3.6 и 3.7 приведены данные для оценки состояния AGM и гелевых батарей соответственно.

Таблица 3.6

Степень заряда, %	Плотность электролита, кг/л	Напряжение холостого хода, В		
		на 1 элементе	на батарее из 3 элементов	на батарее из 6 элементов
100	1,300	2,14	6,42	12,84
80	1,260	2,10	6,30	12,60
75	1,250	2,09	6,27	12,54
50	1,200	2,04	6,12	12,24
25	1,150	1,99	5,97	11,94
0	1,100	1,94	5,82	11,64

Таблица 3.7

Степень заряда, %	Плотность электролита, кг/л	Напряжение холостого хода, В		
		на 1 элементе	на батарее из 3 элементов	на батарее из 6 элементов
100	1,280	2,12	6,36	12,72
80	1,240	2,08	6,24	12,48
75	1,230	2,07	6,21	12,42
50	1,180	2,02	6,06	12,12
25	1,130	1,97	5,91	11,82
0	1,080	1,92	5,76	11,52

Часто встречаются сообщения и рекомендации по применению заряда свинцово-кислотных батарей импульсным током. Несмотря на то, что при таком заряде уменьшается коррозия элементов батарей, единого мнения у специалистов о пользе данного способа заряда нет. Можно говорить о некоторых пози-

тивных сторонах такого заряда и то, если его производить правильно. Но в целом результаты заряда импульсным током непредсказуемы.

Герметичные свинцово-кислотные батареи необходимо хранить в заряженном состоянии. Каждые шесть месяцев их надо подзаряжать. Для этого применяют цикл основного заряда (заряд при постоянном (неизменяющемся) напряжении). Его цель — не допустить падения напряжения на батарее менее 2,10 В на элемент. Требования к режиму заряда для батарей от различных производителей могут отличаться. В течение цикла заряда следует выдерживать рекомендуемые временные интервалы, необходимые для остывания батареи.

Путем измерения напряжения холостого хода (без нагрузки) на батарее можно примерно оценить степень ее разряда. Например, напряжение 2,11 В на элементе при комнатной температуре свидетельствует о степени ее заряда не менее чем на 50 %. Если напряжение превышает этот порог, значит, батарея находится в хорошем состоянии, и для ее ввода в эксплуатацию необходим всего лишь один полный цикл заряда. При падении напряжения холостого хода до 2,10 В и ниже, для восстановления емкости батареи потребуется провести несколько циклов заряд/разряд (контрольно-тренировочные циклы). Измеряя напряжение, следует учитывать температуру хранения, если она отличается от комнатной: при более низких температурах напряжение холостого хода незначительно возрастает, при более высоких — наоборот, снижается.

При получении свинцово-кислотных батарей от поставщиков, службы контроля покупателей (предприятий и организаций) не принимают батареи, у которых напряжение на элементе составляет менее 2,10 В. В разряженных батареях активнее происходит процесс сульфатации пластин, которая снижает их емкость. Для новых батарей восстановление емкости возможно, однако это потребует использования специального оборудования, наличие которого делает их обслуживание более дорогостоящим и которого у пользователей обычно нет. Именно поэтому такие батареи и отбраковываются.

При заряде свинцово-кислотных батарей всегда необходимо использовать ограничитель тока (например, реостат). Пытаясь восстановить емкость, их заряжают током полного заряда ($1/_{10}C$).

Если в течение 24 часов заряда батарея до нормального состояния не заряжена, ее восстановление невозможно.

Применение свинцово-кислотных батарей наиболее предпочтительно в источниках бесперебойного питания (ИБП, англоязычная аббревиатура — UPS, Uninterruptible Power Supply). При их длительной подзарядке в режиме холостого хода (компенсирующий заряд) рекомендуется периодически устанавливать повышенный ток заряда. Такой заряд обеспечивает полный заряд батареи и предотвращает сульфатацию ее пластин. При этом напряжение на батарее в течение нескольких часов будет выше, чем определено производителем в ее технических характеристиках. В случае нарушения такого режима заряда повышается ее температура, и существует опасность выкипания электролита. Поскольку в герметичных батареях возможность доливки электролита исключена, это может привести к необратимому выходу ее из строя.

Для увеличения срока службы батареи ее необходимо периодически разряжать. Для этого проводят контрольно-тренировочный цикл: батарею разряжают до емкости не менее 10 %, а затем снова заряжают. Полный ее разряд недопустим, т. к. каждый глубокий разряд приводит к снижению емкости батареи.

В процессе экспериментов производители исследуют различные режимы заряда. Срок службы свинцово-кислотных батарей с жидким электролитом можно увеличить, если полностью заряженную батарею, работающую без нагрузки в дежурном режиме, не заряжать, а для компенсации саморазряда применять струйную подзарядку. При этом снижается коррозия ее элементов. Такой способ неприменим, если батарея работает в качестве источника электроэнергии в буфере, например, с генератором, и ей необходима постоянная подзарядка.

В случае утечки электролита из корпуса батареи, при возникновении в нем трещин от удара электролит следует немедленно смыть водой. При попадании его в глаза или на кожу, их следует промывать чистой водой в течение 15 мин, а затем обратиться к врачу. Для нейтрализации кислоты в воду можно добавить немного пищевой соды.

Независимо от типа необслуживаемых свинцово-кислотных аккумуляторных батарей можно сформулировать общие требования по их эксплуатации.

1. Напряжение зарядного устройства, измеряемое на зажимах аккумулятора, должно соответствовать рекомендуемому (зависит от типа аккумулятора и температуры) и поддерживаться с точностью не хуже $\pm 1\%$. При этом зарядный ток, протекающий через полностью заряженный аккумулятор, в зависимости от интенсивности саморазряда, может иметь значение в пределах от единиц до сотен миллиампер на каждые 100 ампер-часов емкости. Как правило, рекомендуется эксплуатировать аккумуляторы при постоянном напряжении порядка 2,25...2,35 В на один элемент. Точное значение напряжения зависит от типа аккумулятора и рабочей температуры. Заряд батареи следует производить при выходном напряжении зарядного устройства из расчета 2,4...2,5 В на элемент с последующим переходом в режим компенсирующего заряда. Такой способ дает ощутимый выигрыш во времени заряда лишь при использовании мощного зарядного устройства, способного обеспечить начальный ток заряда порядка 0,2С.

2. При эксплуатации аккумуляторов в широком диапазоне температур, необходимо обеспечить автоматическую регулировку напряжения компенсирующего заряда от температуры в соответствии с рекомендациями производителя. Обычно такая зависимость нелинейна и составляет $-2...-5$ мВ/°С на один элемент (знак минус означает, что при повышении температуры напряжение должно уменьшаться). Такая мера не устраняет полностью отрицательного воздействия изменений температуры на аккумуляторную батарею, но существенно его снижает.

3. В зависимости от конструкции аккумуляторов зарядный ток в амперах не должен превышать 0,1...0,3С.

3.3. Аккумуляторные батареи в автомобиле

Аккумуляторные батареи, устанавливаемые в автомобилях работают в особенных условиях: высокие пусковые токи разряда, питание электроприборов автомобиля на стоянке, заряд от автомобильного генератора, работа в широком диапазоне температур, подверженность тряске и вибрации. Так как выходное напряжение генератора зависит от частоты вращения двигателя, для обеспечения постоянного напряжения заряда служит регуля-

тор напряжения. Регуляторы напряжения должны обеспечивать напряжение заряда в соответствии с данными табл. 3.8.

Таблица 3.8

Климатический район	Среднемесячная температура в январе, °C	Время года	Номинальное напряжение, В	Напряжение регулятора, В, при установке батареи	
				снаружи	под капотом
Холодный	-50...-15	Зима	6	7,3...7,7	7,1...7,5
			12	14,5...15,5	14,2...15,2
			24	29...31	—
		Лето	6	6,9...7,4	6,6...7,1
			12	13,8...14,8	13,2...14,2
			24	27...29	—
Умеренный	-15...-4	Круглый год	6	6,9...7,4	6,6...7,1
			12	13,8...14,8	13,2...14,2
			24	27...29	—
	-15...+4		6	6,6...7,1	6,5...7
			12	13,2...14,2	13...14
			24	26...28	—

Кроме регулятора напряжения в цепи аккумуляторной батареи включено и реле обратного тока. Его назначение — переключать нагрузку (приборы системы зажигания, освещения, сигнализации и т. д.) на работу от аккумуляторной батареи в том случае, если генератор не обеспечивает минимально необходимого напряжения для их работы. Например, при очень малых оборотах холостого хода, при отрыве или слабом натяжении ремня генератора.

Аккумуляторная батарея всегда является нагрузкой генератора. Если ее отключить при работающем двигателе, напряжение генератора резко «скакнет» вверх, что может стать причиной выхода автомобильных электронных устройств (бортовой компьютер, электронный коммутатор системы зажигания и т. д.) из строя. Поэтому там, где это предусмотрено, следует проверять регулировку реле обратного тока (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Климатический район	Среднемесячная температура в январе, °С	Время года	Напряжение бортсети, В	Напряжение реле обратного тока, В
Холодный	-50...-15	Зима	12	12,5...13
		Лето		12...12,5
Умеренный	-15...-4	Круглый год		12...12,5
Жаркий, влажный	-15...+4			11,8...12,2

Особые условия эксплуатации автомобильных батарей налагают особые требования по их эксплуатации. При повреждении мастики, герметизирующей корпус батареи, батарею следует разрядить и слить из нее электролит для предотвращения взрыва гремучей смеси.

Не реже одного раза в две недели следует:

- очищать батарею от пыли и грязи, протирать чистой ветошью, смоченной в растворе нашатырного спирта или соды, места, облитые электролитом;
- проверять качество ее крепления, плотность установки контактов;
- очищать клеммы и выводы батареи и смазывать их техническим вазелином;
- прочищать вентиляционные отверстия в пробках и крышках;
- проверять уровень электролита в обслуживаемых батареях и при необходимости доводить его до нормы доливкой дистиллированной воды. Доливка электролитом недопустима.

3.4. Особенности конструкции свинцово-кислотных аккумуляторов некоторых производителей

В силу конкурентной борьбы производители аккумуляторных батарей постоянно ведут работу над совершенствованием их конструкции, улучшением их технических характеристик и безопасности, увеличением срока службы при эксплуатации. По этой причине в конструкции аккумуляторных батарей заложены свои «изюминки», о которых их покупателю и потребителю следует знать.

Свинцово-кислотные батареи фирмы Varta

Как было отмечено выше, для улучшения качества аккумуляторов в них используют сплав свинца с сурьмой. Недостаток такого способа: при увеличении содержания сурьмы требуется увеличение значения тока постоянного подзаряда, а уменьшение ее содержания ниже 3 % приводит к образованию кристаллических структур в материале решеток и, как следствие, — трещин.

Фирме Varta удалось разработать сплавы с малым содержанием сурьмы, имеющие очень тонкую структуру. Такие сплавы не подвержены коррозии, и при уменьшении содержания в них сурьмы с 6 % до 1,6 % срок службы аккумуляторных батарей увеличивается в 5 раз. Батареи Varta требуют достаточно низкого тока подзаряда, обладают стойкостью к циклическим нагрузкам и безупречным поведением при заряде и разряде.

Для увеличения интервалов по уходу за большими стационарными батареями с жидким электролитом, которые позволяют осуществлять долив воды, в них используются специальные пробки с каталитическими насадками (рис. 3.14). Такие батареи получили название «малоуходных». Пробки выполнены так, что их гидрофобные пористые фильтры пропускают газы, но не пропускают водный электролит. Насадки содержат металлические катализаторы. Водяной пар, образующийся в аккумуляторах, конденсируется на них, и вода стекает обратно.

В герметизированных аккумуляторах Varta используются токоведущие выводы специальной конструкции (рис. 3.15). С целью получения минимального сопротивления, внутренняя часть вывода 3 выполнена из меди. Снаружи он покрыт свинцом 6. Конструкция вывода обеспечивает герметичность соединения с

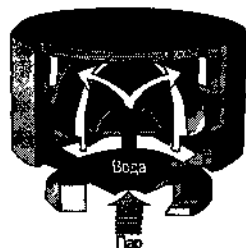


Рис. 3.14. Конструкция пробки с каталитическими насадками

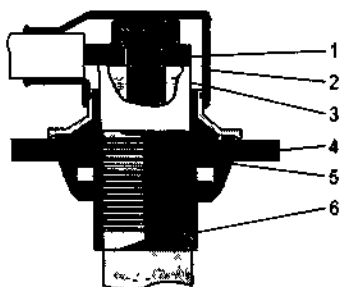


Рис. 3.15. Токоведущие выводы герметизированных аккумуляторов Varta

корпусом 4 за счет зажимаемых элементами конструкции резиновых прокладок 5. Защитный чехол 2 обеспечивает механическую защиту места соединения вывода с токоведущим проводом.

В герметизированных аккумуляторах Varta со связанным (сорбированным) электролитом используются стекловолоконные маты с дополнительными сепараторами. Высокие аккумуляторы такой конструкции производитель рекомендует в стационарных условиях использовать «лежа», чтобы ограничить высоту сепаратора.

В аккумуляторах с желеобразным (гелевым) электролитом используются обычные сепараторы. Использование такого электролита имеет преимущества: при циклической работе аккумулятора разница концентрации электролита в верхней и нижней его частях незначительна.

Свинцово-кислотные батареи фирмы FIAMM

Фирма FIAMM выпускает широкий спектр автомобильных и стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей на емкость от 0,5 до 8000 А·ч. Среди стационарных батарей значительный объем производства составляют герметизированные батареи с сорбированным электролитом (AGM).

FIAMM выпускает малоуходные аккумуляторные батареи типов SD, SDH, SMZA, SMF, SMBF, PMF, для установки которых необходимо специальное вентилируемое помещение. Все они оснащены вентилями-пробками с керамическими искрогасителями.

Герметизированные аккумуляторные батареи типов SMG, SLA, UPS, FG можно устанавливать в помещениях с естественной вентиляцией. Они оснащены специальными искрогасящими клапанами, исключаящими распыление электролита и воспламенение гремучей газовой смеси.

При изготовлении пластин аккумуляторов производства FIAMM используются сплавы свинца и сурьмы, свинца и кальция, а также свинца, сурьмы и селена. Селен позволяет предотвратить сурьмяное отравление аккумуляторов (т. е. образование дендритов в материале пластин). Во многих моделях аккумуляторных батарей FIAMM каждая пластина отделяется двойными сепараторами или упакована в микропористый конверт-сепаратор из мипласта (поливинилхлорида). Конверт-сепаратор не только повышает стойкость пластин к вибрации и ударам, но и предотвращает одну из основных причин выхода аккумуляторных батарей из строя — иглообразное разрастание активной массы, приводящее к замыканию пластин внутри аккумулятора.

Конверты-сепараторы применяются в батареях моделей SD, SDH, SMZA, SMF, SMBF. В аккумуляторах моделей SMZA, SMF, SMBF используются также двойные сепараторы. Данные о конструктивных особенностях стационарных аккумуляторных батарей FIAMM приведены в табл. 3.10.

Фирма FIAMM для всех типов выпускаемых аккумуляторных батарей рекомендует применять метод плавающего или метод компенсационного заряда. При плавающем заряде к батарее прикладывают напряжение, превышающее по величине ее рабочее напряжение. Ток заряда пропорционален разности приложенного напряжения и напряжения холостого хода батареи. При таком методе ее можно зарядить до 90 % доступной емкости.

При компенсационном заряде батарею заряжают в два этапа: сначала большим током (0,15С) в течение 10 часов до напряжения 2,3 В на элемент, а затем в течение следующих 10 часов током 0,5С до напряжения 2,4 В на элемент. Тогда батарея будет заряжена до 100 % емкости. В табл. 3.11 приведены электрические характеристики стационарных аккумуляторных батарей FIAMM.

При компенсационном заряде следует учитывать температуру окружающей среды: чем она ниже, тем выше должно быть напряжение заряда. rusautomobile.ru

Таблица 3.10

Тип	Материал корпуса	Положительные пластины	Отрицательные пластины	Тип сепаратора	Электролит	Срок службы, лет/число циклов	Рекомбинация газов	Емкость, А·ч
SD	Акрил	Sb-Se-Pb решетчатые	Ca-Pb коробчатые	PVC+CB	Жидкий	/1000	Нет	80...440
SDH	Акрил	Sb-Pb решетчатые	Ca-Pb коробчатые	PVC+CB	Жидкий	/1000	Нет	480...2240
SMZA	Акрил	Sb-Pb решетчатые	Sb-Pb коробчатые	PVC	Жидкий	—	Нет	2250...4000
SMF	Акрил	Sb-Pb панцирные	Sb-Pb решетчатые	PVC	Жидкий	—	Да	50...500
SMBF	Акрил	Sb-Pb панцирные	Sb-Pb решетчатые	PVC	Жидкий	—	Да	600...2000
PMF	Полипропилен	Sb-Pb панцирные	Ca-Pb решетчатые	Пористый	Жидкий	15	Да	25...300
SMG	ABS	Sb-Pb панцирные	Sb-Pb решетчатые	Пористый	Гель	15/1200	Да	200...3000
SLA	ABS	Sb-Pb решетчатые	Sb-Pb решетчатые	Пористый CB	Гель	10	Да	25...580
UPS	ABS	Ca-Pb решетчатые	Ca-Pb решетчатые	Пористый	Гель	8	Да	32...110
FG	ABS	Ca-Pb решетчатые	Ca-Pb решетчатые	Пористый	Гель	—	Да	0,5...70

Таблица 3.11

Тип	Напряжение заряда, В/элемент		Макс. ток		Напряжение конца разряда, В	Саморазряд, % в месяц
	Плавающий заряд	Компенсационный заряд	заряда	разряда		
SD	2,23	2,23...2,4	0,15C/0,05C	16C	1,75	1
SDH	2,23	2,23...2,4	0,15C/0,05C	10C	1,75	1
SMZA	2,23	2,23...2,4	1,14C/0,04C	10C	1,7	1
SMF	2,23	2,23...2,4	0,15C/0,05C	8C	1,7	1
SMBF	2,23	2,23...2,4	0,15C/0,05C	5C	1,7	1
PMF	2,23	2,23...2,4	0,15C/0,05C	5C	1,6	1
SMG	2,27	2,27...2,4	0,25C	2,8C	1,67	2
SLA	2,23	2,23...2,4	0,25C	2,8C	1,6	2
UPS	2,23	2,23...2,4	0,25C	2,8C	1,6	2
FG	2,25...2,3	2,4...2,5	2C	2C	1,5	3

Свинцово-кислотные батареи фирмы Chloride Industrial Batteries

Особенностями свинцово-кислотных батарей фирмы Chloride Industrial Batteries являются возможность рекомбинации газов при заряде и изготовление пластин из чистого свинца. Они выпускаются, соответственно, по двум технологиям — POWERSAFE и Pure Lead Technology.

Аккумуляторы POWERSAFE — это герметизированные аккумуляторы в моноблочном исполнении с емкостью от 19 до 1689 А·ч. Их положительные пластины выполнены из сплава свинец—кальций—олово. Благодаря использованию ионообменных мембран-сепараторов, обеспечивается рекомбинация 95 % газов, выделяющихся при заряде. Рекомбинация происходит с образованием воды. Максимальный ток заряда для батарей POWERSAFE не должен превышать 0,1С.

Аккумуляторы Pure Lead Technology (PLT) имеют решетки пластин из чистого свинца. Их особенности — чистота материалов и использование пластин из чистого свинца без снижения ресурса аккумулятора. Пластины изготавливаются штамповкой с последующим прокатыванием. При этом происходит уплотнение свинца, закрытие пор, и, как следствие, обеспечивается высокая коррозионная стойкость решеток пластин.

По технологии PLT выпускают аккумуляторы следующих типов:

- CYCLON; • GENESIS;
- MONOBLOC; • SBS.

Впечатляет диапазон рабочих температур этих аккумуляторов (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Тип	Емкость, А·ч	Срок службы, лет	Диапазон рабочих температур, °С
CYCLON®	2,5...25	10	-65...65
MONOBLOC	2,5...8	8	-40...40
GENESIS®	13...38	10	-40...55
SBST TM	7,3...347	15	-40...55

Аккумуляторы CYCLON и MONOBLOC предназначены в основном для работы в маломощных переносных устройствах.

Аккумуляторы CYCLON имеют цилиндрическую конструкцию, но под заказ могут быть изготовлены такие аккумуляторы заданной формы и габаритов. Эффективность рекомбинации газов в них составляет 99,7 %.

Свинцово-кислотные батареи DRYFIT

Аккумуляторы по технологии DRYFIT выпускаются группой европейских производителей аккумуляторов CEAC. В аккумуляторах DRYFIT используется желеобразный электролит. Они являются абсолютно необслуживаемыми в течение всего срока эксплуатации, имеют внутреннюю систему рекомбинации газов, продолжительный срок службы, допускают перезаряд, устойчивы к глубокому разряду.

Аккумуляторы DRYFIT выпускаются двух серий: A400 — для работы в буферном режиме и A500 — для работы в режиме «буфер + цикл». Аккумуляторы A400 могут иметь емкость от 5,5 до 180 А·ч, а A500 — от 2 до 115 А·ч.

Аккумуляторы DRYFIT A400 заряжают в режиме плавающего заряда. Напряжение заряда должно составлять 2,23...2,3 В/элемент. При буферном режиме работы напряжение заряда при температуре 20 °С должно составлять 2,3...2,35 В. Если напряжение заряда превышает величину 2,4 В/элемент, следует ограничить ток заряда из расчета 0,5 А на каждый ампер-час.

Батареи DRYFIT по назначению делятся на несколько групп (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Назначение	Тип	Область применения
Оперативные батареи	DRYFIT A-200 DRYFIT A-300 DRYFIT A-400 DRYFIT A-600	охранные устройства; устройства оповещения о пожаре; телемеханические устройства; медицинское оборудование
Стационарные промышленные батареи	DRYFIT Highpower DRYFIT A600 DRYFIT Block	телефонные станции; устройства связи; электростанции
Резервные батареи	DRYFIT Compact DRYFIT Ultimate	телемеханические системы; устройства оповещения; EIA-дистанционные устройства
Приводные батареи для транспортных средств	DRYFIT traction Block DRYFIT traction 12S	электротранспорт; Е-ваги (циклический привод)

Свинцово-кислотные батареи компании Panasonic

Компания Panasonic выпускает широкий спектр аккумуляторных батарей различного назначения, в том числе и свинцово-кислотных. Среди них хотелось бы выделить новинку — новую серию VRLA батарей MSE-AT. В аккумуляторах этой серии использованы новейшие технологии по сплавам для пластин, обработке химически активных материалов и материалов для перегородок. Главная конструктивная особенность батарей MSE-AT — модульная конструкция для установки аккумуляторов в стойку в горизонтальном положении. Это значительно облегчает сборку батареи и ее подключение. Полярность выводов четко обозначена благодаря их заливке при герметизации цветным эпоксидным компаундом.

Срок службы аккумуляторов серии MSE-AT составляет 20 лет. Основное назначение — питание элементов систем мобильной связи. В табл. 3.14 приведены основные технические данные аккумуляторов данной серии. Характеристики других типов аккумуляторных батарей Panasonic приведены в приложении.

Таблица 3.14

Модель	Напряжение, В	Емкость, А·ч	Ширина, мм	Высота, мм	Длина (глубина), мм	Масса, кг	Выводы	Корпус
MSE-150AT	2	150	106	170	365	12	Флажковый индикатор, 2 М10	ABS UL94 V-0
MSE-200AT	2	200	106	170	365	15	Флажковый индикатор, 2 М10	ABS UL94 V-0
MSE-300AT	2	300	150	170	365	21	Флажковый индикатор, 2 М10	ABS UL94 V-0
MSE-500AT	2	500	182	228	368	32	Вкладыш 2 М10	PP UL94 V-0
MSE-560AT	2	560	160	183	580	39	Вкладыш 2 М6	PP UL94 V-0
MSE-640AT	2	640	160	183	580	44	Вкладыш 2 М6	PP UL94 V-0
MSE-720AT	2	720	194	183	580	48	Вкладыш 2 М6	PP UL94 V-0

Продолжение табл. 3.14

Модель	Напря- жение, В	Емкость, А·ч	Шири- на, мм	Высо- та, мм	Длина (глу- бина), мм	Масса, кг	Выводы	Корпус
MSE-800AT	2	800	194	183	580	53	Вкладыш 2 М6	PP UL94 V-0
MSE-960AT	2	960	245	183	580	62	Вкладыш 4 М6	PP UL94 V-0
MSE-1040AT	2	1040	245	183	580	66	Вкладыш 4 М6	PP UL94 V-0
MSE-1120AT	2	1120	281	183	580	71	Вкладыш 4 М6	PP UL94 V-0
MSE-1200AT	2	1200	281	183	580	75	Вкладыш 4 М6	PP UL94 V-0
MSE-1360AT	2	1360	328	183	580	88	Вкладыш 4 М6	PP UL94 V-0
MSE-1440AT	2	1440	328	183	580	88	Вкладыш 4 М6	PP UL94 V-0

Для аккумуляторных батарей MSE-AT рекомендовано напряжение плавающего заряда 2,23...2,25 В на элемент при температуре 25 °С. При восстанавливающем заряде напряжение заряда выбирают в зависимости от его продолжительности (табл. 3.15).

Таблица 3.15

Напряжение заряда, В/элемент	Время заряда, ч
2,23...2,25	более 24
2,28	15...20
2,33	3...4
2,40	2...3

Свинцово-кислотные батареи фирмы НОРРЕСКЕ

Фирма НОРРЕСКЕ из Германии выпускает широкий модельный ряд аккумуляторов и аккумуляторных батарей для резервных источников питания, предназначенных для телекоммуникационного и сетевого оборудования, батарейных систем авиационной и железнодорожной техники, базовых станций сотовой, транковой и пейджинговой связи. Краткие технические характеристики аккумуляторов НОРРЕСКЕ приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.16

Характеристики	Тип аккумулятора (батареи)					
	GrE	OSP	OGi	OPzS	HOPlS	OGi bloc
Диапазон емкостей, А·ч	75...2600	150...4000	200...3500	150...12000	110...1200	18...254
Номинальное напряжение, В	2	2	2	2	2	4, 6
Тип электролита	жидкий	жидкий	жидкий	жидкий	жидкий	жидкий
Срок службы, лет	25	20	20	15	15	15
Кол-во циклов заряд/разряд до уровня емкости 80 %	200...300	900	800	1200	1200	600...800
Требования по вентиляции	с пробками AquaGel – подобно VRLA	с пробками AquaGel – подобно VRLA	с пробками AquaGel – подобно VRLA	с пробками AquaGel – подобно VRLA	с пробками AquaGel – подобно VRLA	с пробками AquaGel – подобно VRLA
Диапазон рабочих температур, °C		-20...40	-20...40	-20...40	-20...40	-20...40
Время хранения без подзарядки, мес.	3	3	3	3	3	3
Саморазряд при температуре 20 °C, % в мес.	3	3	3	3	3	3
Соответствие стандарту	DIN 40738, IEC 896-1	IEC 896-1	DIN 40724, IEC 896-1	IEC 896-1	IEC 896-1	DIN 40739, IEC 896-1

Как видно из табл. 3.16, кроме высоких эксплуатационных характеристик, аккумуляторы HOPECKE отличает применение в них специальных пробок, которые позволяют снизить образование водорода, его выделение из аккумуляторов и обеспечивают их безопасную работу в неагентированных и плохо вентилиру-

Таблица 3.16 (продолжение)

Характеристики	Тип аккумулятора (батареи)						
	USV	Power.bloc OPzS	OPzV	USV dry 12V - bloc	OGV	net.power	Power.bloc OPzV
Диапазон емкостей, А·ч	21...336	50...300	200...3000	30...100	18...256	100	50...300
Номинальное напряжение, В	4, 6	6, 12	2	12	4, 6	12	12
Тип электролита	жидкий	жидкий	гелевый	AGM	AGM	AGM	жидкий
Срок службы, лет	12	20	20	10-12	10-12	10-12	20
Кол-во циклов заряд/разряд до уровня емкости 80 %	800	1200	1000	500	800	500	1200
Требования по вентиляции	с пробками AquaGen — подобно VRLA	с пробками AquaGen — подобно VRLA	VRLA, EN 50272-2	VRLA, EN 50272-2	VRLA, EN 50272-2	VRLA, EN 50272-2	VRLA, EN 50272-2
Диапазон рабочих температу- р, °С	-20...40	-20...40	-20...40	-20...40	-20...40	-20...40	-20...40
Время хранения без подза- рядки, мес.	3	3	3	3	3	3	3
Саморазряд при температу- ре 20 °С, % в мес.	3	3	2...3	2...3	2...3	2...3	2...3
Соответствие стандарту	IEC 896-1	DIN 40737-3, IEC 896-1	DIN 40742, IEC 896-2	IEC 896-2	DIN 40741, IEC 896-2	IEC 896-2	IEC 896-2

емых помещениях. В этих пробках, получивших фирменное название AquaGen®, реализована технология регенерации: водород и кислород, образовавшиеся в результате электролиза, снова превращаются в воду, но без взрыва, в результате медленно текущей реакции.

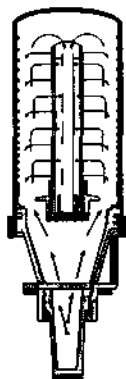


Рис. 3.16. Конструкция пробки аккумулятора AquaGen® фирмы HOPPECKE

На рис. 3.16 изображена пробка AquaGen® в разрезе. Газ в нее проникает через абсорбер. В рекомбинаторе пробки находится катализатор, в котором происходит контролируемый процесс преобразования водорода и кислорода в воду. Материалом катализатора служит драгоценный металл. КПД процесса преобразования составляет около 95 %, т. е., 95 % смеси водорода и кислорода в процессе заряда аккумулятора вновь преобразуются в воду. Поскольку протекающая реакция сопровождается выделением тепла, вода, полученная в результате катализа, представляет собой пар, который конденсируется на внешней оболочке пробки, и вода стекает обратно в аккумулятор.

При использовании пробок AquaGen® доливки воды в процессе эксплуатации не требуется.

Фирма HOPPECKE выпускает пробки AquaGen® двух типов: 5A — для батарей емкостью до 500 А·ч и D48 — для батарей емкостью свыше 500 А·ч. Конструкция их может быть вертикальной (при использовании таких пробок габариты аккумулятора по высоте существенно увеличиваются) и Г-образной, при которой габариты аккумулятора по высоте изменяются не существенно. Особенности эксплуатации пробок являются следующие:

1. Пробки типа 5A при высоких напряжениях заряда необходимо снимать, а заряд аккумуляторов с пробками типа D48 можно производить без их демонтажа.

2. При подборе пробок следует проконсультироваться со специалистами, т. к. пробки одного и того же типа имеют особенности в конструктивном исполнении для различных типов аккумуляторов.

3. Пробки AquaGen® предназначены для установки не только на свинцово-кислотные, но и на щелочные аккумуляторы HOPPECKE.

Выгоды от применения пробок AquaGen® очевидны:

1. Нет необходимости доливки воды. Соответственно, на протяжении всего срока службы аккумуляторы являются необслуживаемыми, и исключен риск их взрыва из строя при ис-

пользовании некачественного электролита или дистиллированной воды.

2. Значительно снижен выход взрывоопасных газов и паров электролита. При этом исключаются коррозионные явления в пространстве вокруг батареи.

3. Значительно снижена опасность взрыва, а керамический корпус пробок типа D48 обеспечивает защиту при случайных внешних возгораниях.

4. Кратность смены объема воздуха при вентиляции может быть снижена (нормы DIN VDE 0510, ч. 2).

YUASA

Компания YUASA является родоначальником технологии AGM. YUASA первой начала разработку серии свинцово-кислотных батарей с автоматической регулировкой внутреннего давления в 1958 году. Сегодня батареи основной серии NP — это высшее достижение на основе более чем 70-летнего опыта производства аккумуляторных батарей. Сочетание высокой плотности энергии, передовой технологии проектировки и производства пластин, герметичной конструкции, эффективных эксплуатационных характеристик позволило батареям YUASA серии NP стать самыми надежными и универсальными из существующих ныне свинцово-кислотных батарей с автоматической регулировкой внутреннего давления.

Наиболее популярные серии батарей YUASA:

- NP — батареи общего применения на напряжение 2, 6, 12 В и емкость 1...130 А·ч со сроком службы до 5 лет;
- NPL — батареи с увеличенным сроком службы на напряжение 6, 12 В и емкость 24...130 А·ч со сроком службы 7—10 лет;
- NPC — батареи для циклического использования на напряжение 6, 12 В и емкость 8...65 А·ч, имеющие ресурс более чем 500 циклов заряд—разряд при глубине разряда 75 %;
- EN — батареи с увеличенным сроком службы на напряжение 6, 12 В и емкость 8...480 А·ч со сроком службы 10 лет;
- UXF — батареи большой энергоемкости с фронтальными выводами на напряжение 12, 48 В и емкость 100, 150 А·ч при 10-ти часовом разряде со сроком службы 10 лет; 48-вольтовая батарея идеально подходит для установки в 19- и 23-дюймовые шкафы.

CSB

Выпуск батарей по технологии Shin-Kobe (Hitachi Group) под торговой маркой CSB Battery Co., Ltd был начат в 1987 г. в г. Гуантян (Guantyan) на Тайване.

Батареи марки CSB прекрасно себя зарекомендовали в качестве батарей источников бесперебойного питания UPS. Всемирно известная компания APC рекомендует использовать в выпускаемых ею ИБП аккумуляторные батареи марки CSB.

Наиболее популярны следующие серии аккумуляторных батарей CSB:

- GP — батареи общего назначения на напряжение 6, 12 В и емкость 4,5...100 А·ч со сроком службы от 3 до 5 лет;
- HR — батареи с высокой энергоемкостью на напряжение 12 В и емкость 14...120 А·ч со сроком службы от 3 до 5 лет;
- HC — батареи с высокой энергоемкостью и утопленными в корпус выводами запатентованной конструкции на напряжение 12 В и емкость 17...28 А·ч со сроком службы от 3 до 5 лет;
- EVX — батареи для циклического использования на напряжение 12 В, емкость 7,2...100 А·ч со сроком службы от 3 до 5 лет;
- GPL — батареи с большим сроком службы на напряжение 6, 12 В и емкость 7,2...100 А·ч со сроком службы 5—8 лет;
- UP — батареи с высокой энергоемкостью на напряжение 12, 24 В и емкость 51...167 А·ч со сроком службы 10—14 лет;
- MSJ — аккумуляторы для телекоммуникационного оборудования на напряжение 2 В и емкость 150...3000 А·ч со сроком службы 15—20 лет;
- MU — аккумуляторы с фронтальными выводами на напряжение 2 В и емкость 220...1500 А·ч со сроком службы 15—20 лет.

BAE

Аккумуляторные батареи фирмы BAE (Германия) предназначены для работы в системах бесперебойного и аварийного электропитания различного назначения.

По классификации европейского объединения производителей аккумуляторов EUROBAT фирма BAE выпускает несколько серий аккумуляторов, информация о которых приведена на рис. 3.17.










Обозначение	OP2S-блок	OP2L-блок	OG-блок	UPS-блок	OP2S-блок	OGI-вариант	OGV HP-блок	OP2V-блок	OGV-блок
									
Система	Открытые	Открытые	Открытые	Открытые	Открытые	Открытые	Герметичные	Герметичные	Герметичные
Емкость	50—300	38—180	25—900	100—1200	200—3000	400—2400	42—180	50—900	25—900
Напряжение	12 В, 6 В	12 В	12 В, 6 В, 2 В	12 В, 6 В	2 В	2 В	12 В, 6 В	12 В, 6 В, 2 В	12 В, 6 В, 2 В
Положительный электрод	Трубчатый PbSb1, 6Se	Трубчатый PbSb1, 6Se	Решетка с траверсами кругл. сечения PbSb1, 6Se	Решетка с траверсами кругл. сечения PbSb1, 6Se	Трубчатый PbSb1, 6Se	Решетка с траверсами кругл. сечения PbSb1, 6Se	Решетка с траверсами кругл. сечения PbCaSn	Трубчатый PbCaSn	Решетка с траверсами кругл. сечения PbCaSn
Корпус	SAN	SAN	SAN	SAN	SAN	SAN	PP	SAN	SAN
Электролит	Жидкий	Жидкий	Жидкий	Жидкий	Жидкий	Жидкий	Гель	Гель	Гель
Характерное время разряда	30 мин — 10 ч	1 ч — 3 ч	5 мин — 10 ч	5 мин — 1 ч	1 ч — 10 ч	5 мин — 10 ч	10 мин — 10 ч	30 мин — 10 ч	5 мин — 10 ч
Промежуток времени для долива воды	>3 лет	>3 лет	>3 лет	>3 лет	>3 лет	>3 лет	Не треб.	Не треб.	Не треб.
Вывод полюсного болта	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.	100 % непрониц.
Срок службы	16+ лет	12+ лет	15+ лет	12+ лет	16+ лет	15+ лет	10+ лет	15+ лет	12+ лет
Кол-во циклов согласно ИЕС 896-1/2	1200	1000	1000	800	1500	1200	350	1200	800
Вентиляция согласно VDE 0510	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	25 %	25 %	25 %
Напряжение поддерживающего заряда	2,23 В/эл.	2,25 В/эл.	2,23 В/эл.	2,25—2,27 В/эл.	2,23 В/эл.	2,23 В/эл.	2,27 В/эл.	2,25 В/эл.	2,25 В/эл.

Рис. 3.17. Технические характеристики аккумуляторов фирмы BAE

Аккумуляторы серии OPzS относятся к группе батарей особой надежности. В них используются трубчатые (панцирные) положительные пластины, отличающиеся повышенной надежностью при эксплуатации и длительным сроком службы. Благодаря увеличенному до 8 мм слою свинца в активной массе положительного электрода и другим передовым конструктивным решениям

OPzS элементы фирмы BAE обеспечивают:

- высокие токи разряда, близкие к токам короткого замыкания;
- более длительное время разряда;
- увеличенный до 16—18 лет срок службы;
- высокую цикличность использования.

По классификации европейского объединения производителей аккумуляторов EUROBAT аккумуляторы серии OPzS по своим техническим характеристикам близки к аккумуляторам GroE с положительной пластиной конструкции Планте. В отличие от последних они обладают следующими преимуществами:

- дешевле аккумуляторов GroE серий OpzV, OGi, OGiV;
- гладкостенные корпуса и вертикальное расположение пластин обеспечивают высокую плотность энергии при незначительной площади установки;
- прозрачные корпуса обеспечивают абсолютный визуальный контроль и, таким образом, облегчают техническое обслуживание.

Аккумуляторы серии OpzV фирмы BAE характеризуются:

- высокими токами разряда, близкими к токам короткого замыкания;
- более длительным временем разряда;
- увеличенным до 16 лет сроком службы;
- высокой цикличностью использования;
- высокой пористостью активного вещества пластин, что способствует лучшему проникновению электролита;
- отсутствием необходимости проведения выравнивающих зарядов при нормальных условиях эксплуатации;
- устойчивой работой при низких температурах окружающей среды, благодаря использованию гелевой структуры электролита;
- возможностью горизонтального размещения.

В аккумуляторах фирмы BAE серии OGi была использована новая стержневая конструкция положительной пластины, отличающаяся особой надежностью в эксплуатации и длительным сроком службы. Круглые стержни расположены как в положительном электроде панцирного типа и занимают не более 50 % площади пластины. Такое конструктивное решение позволило увеличить количество свинца в активной массе электрода и обеспечить токи разряда близкие к токам короткого замыкания при малом времени разряда, а также увеличить время нормального разряда.

По классификации европейского объединения производителей аккумуляторов EUROBAT аккумуляторы серии OGi по своим техническим характеристикам приближены к аккумуляторам серии OPzS (аккумуляторы с положительной пластиной панцирного типа) и в отличие от последних их можно экономично использовать даже при коротком времени разряда.

Аккумуляторы серии OGi со стержневой решеткой положительного электрода обладают следующими преимуществами:

- в 1,5 раза дешевле аккумуляторов серии OPzS;
- гладкостенные корпуса и вертикальное расположение пластин обеспечивают высокую плотность энергии при незначительной требуемой площади установки;
- прозрачные корпуса (серия OGi-элемент) обеспечивают абсолютный визуальный контроль и таким образом облегчают техническое обслуживание;
- использование гелевого электролита (серия OGiV, OGiV HP) позволяет устойчиво работать в условиях низких температур;
- аккумуляторы серии OGiV HP по своим габаритным размерам и высоким удельным характеристикам идеальны для применения в шкафах и стандартных стеллажах систем телекоммуникации и источников бесперебойного питания.

Свинцово-кислотные батареи фирмы COSLIGHT

Аккумуляторные батареи фирмы COSLIGHT (Китай) предназначены для работы в системах бесперебойного и аварийного электропитания различного назначения. Их выпускают по технологии AGM. Батареи, благодаря системе внутренней рекомбинации газов, имеют очень низкое газовыделение. Они являются

необслуживаемыми: доливки воды или электролита не требуется в течение всего срока службы. Батареи снабжены эффективными предохранительными клапанами и при установке не требуют дополнительной вентиляции помещения.

На отечественный рынок поставляются герметизированные батареи COSLIGHT серий 6-GFM, 6-GFM(C), GFM(Z). Некоторые характерные особенности этих серий аккумуляторных батарей поясняет табл. 3.17. Лучшее свойство этих аккумуляторных батарей — их низкая цена.

Таблица 3.17

Серия	Срок службы, не менее, лет	Наличие уравни-теля	Напряжение заряда при работе в буферном режиме, В	Напряжение заряда при работе в циклическом режиме, В	Примечание
6-GFM	5	нет	13,44	14,1	Батарея из 6 элем.
6-GFM(C)	10	нет	13,44	14,1	Батарея из 6 элем.
GFM(Z)	15	да	2,25	2,37	Аккумулятор

В батареях COSLIGHT серии GFM(Z) впервые применены уравниватели зарядного напряжения. Как было отмечено выше, одной из главных причин выхода аккумуляторной батареи из строя, особенно по мере ее старения, являются различия в характеристиках ее элементов, которые по мере старения становятся еще ярче выраженными. Для выравнивания зарядного напряжения на элементах батареи используется специальная электронная схема, которая обеспечивает мониторинг напряжения на них. Если оно превысит значение 2,19 В (при температуре 25 °С), схема включит шунт для данного элемента. В результате лишняя энергия будет рассеиваться на резисторах шунта в виде тепла. Однако назвать это решение эффективным нельзя: «подсаживать» исправные элементы в угоду неисправным — не лучшее решение, скорее рекламный трюк, рассчитанный на недостаточно подготовленный персонал.

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ И ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

4.1. Особенности устройства литий-ионных аккумуляторных батарей

Первые эксперименты с литиевыми батареями были начаты еще в 1912 г. группой ученых под руководством Дж. Н. Льюиса (G.N. Lewis), но только в начале 1970-х годов появились первые непerezаряжаемые литиевые батареи. Попытки разработать литиевые аккумуляторные батареи вплоть до 1980-х годов заканчивались неудачами. Это было связано с проблемами их безопасности.

Литий — самый легкий из металлов. Он имеет превосходный электрохимический потенциал и обеспечивает наилучшую энергетическую плотность на единицу массы. В литиевых аккумуляторных батареях применялись отрицательные пластины из металлического лития. Такие батареи обладали более высоким напряжением на каждом элементе и высокой емкостью по сравнению с батареями других типов.

После многочисленных испытаний в течение 1980-х годов выяснилось, что проблема литиевых батарей «закручена» вокруг литиевых электродов. Точнее, вокруг активности лития: процессы, происходившие при старении и износе электродов, в конце концов, нарушали температурную стабильность химических процессов, происходивших внутри аккумуляторной батареи. В результате температура элемента достигала точки плавления лития, и происходила бурная реакция, получившая название «вентиляция с выбросом пламени». В 1991 г. на заводы-изготовители было отозвано большое количество литиевых батарей, которые впервые применили в качестве источника питания мобильных телефонов. Причина — при разговоре, когда потребляемый ток мак-

симален, из аккумуляторной батареи происходил выброс пламени, обжигавшего лицо пользователю мобильного телефона.

Из-за присущей металлическому литию нестабильности, особенно в процессе заряда, исследования сдвинулись в область создания аккумуляторной батареи без его применения, но с использованием его ионов. Хотя литий-ионные батареи обеспечивают незначительно меньшую энергетическую плотность, чем литиевые батареи, тем не менее они безопасны при соблюдении правильных режимов заряда и разряда.

В 1991 г. компания Sony первой в мире начала коммерческий выпуск литий-ионных аккумуляторных батарей. За ней последовали и другие компании. В настоящее время производство литий-ионных аккумуляторных батарей представляет собой быстрорастущий и многообещающий сегмент рынка.

Энергетическая плотность литий-ионных батарей в два раза превышает энергетическую плотность стандартных никель-кадмиевых батарей. Совершенствование, достигаемое подбором активных материалов электродов, в перспективе позволит увеличить это соотношение до трех раз.

Кроме высокой емкости, литий-ионные батареи обладают хорошими нагрузочными характеристиками, похожими на нагрузочные характеристики никель-кадмиевых батарей. Они не требовательны к обслуживанию настолько, что такая простота в обслуживании недостижима для батарей других типов. У них отсутствует «эффект памяти», для них не требуется проведения контрольно-тренировочных циклов, продлевающих срок службы. И, наконец, саморазряд литий-ионных батарей, который вдвое меньше, чем у никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей, делает их незаменимыми при использовании во многих приложениях.

Высокое напряжение на элементе батареи позволяет производителям выпускать аккумуляторные источники питания, состоящие всего лишь из одного элемента. Такие источники используются во многих моделях современных мобильных телефонов, а простота конструкции упрощает производство батарей. При производстве мощных батарей, состоящих из нескольких элементов, большое преимущество дает очень низкое внутреннее сопротивление литий-ионных элементов.

В последние годы появилось несколько типов литий-ионных батарей, различающихся по конструкции. В оригинальных бата-



Фото 4.1

реях Sony в качестве материала отрицательных пластин применялся кокс (продукт переработки угля). С 1997 г. в большинстве литий-ионных батарей различных производителей (в том числе и Sony) наметилась тенденция к использованию графита. Графитовые пластины позволяют обеспечить более плоскую характеристику напряжения разряда, чем при использовании пластин на основе кокса. В результате аккумуляторные батареи с графитовыми пластинами имеют напряжение конца разряда 3 В на элемент против напряжения конца разряда 2,5 В на элемент для батарей с пластинами из кокса. Кроме того, при использовании в батареях графитовых пластин достижим более высокий ток разряда, они меньше нагреваются и обладают меньшим саморазрядом. На рис. 4.1 показано устройство литий-ионного аккумулятора в цилиндрическом корпусе.

В качестве положительных пластин литий-ионных батарей применяют сплавы лития с кобальтом или марганцем. И если пластины из литие-кобальтового сплава служат дольше, то литие-марганцевые пластины значительно безопасней и «прощают» ошибки при эксплуатации. Небольшие призматические ли-

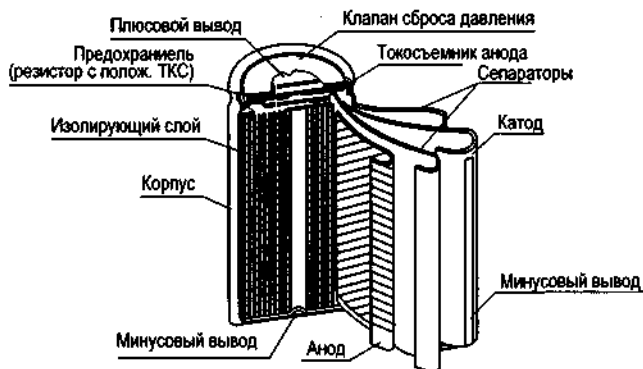


Рис. 4.1. Устройство литий-ионного аккумулятора

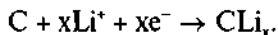
тий-ионные аккумуляторные батареи для мобильных телефонов с литие-марганцевыми пластинами имеют встроенные термopедохранитель и термодатчик. Кроме того, их производство удешевляет применение упрощенной схемы защиты, более низкая стоимость сырья, чем для производства батарей с литие-кобальтовыми пластинами.

При заряде литий-ионных батарей протекают реакции:

- на положительных пластинах:



- на отрицательных пластинах:



При разряде протекают обратные реакции. Процесс заряда иллюстрирует рис. 4.2.

Что касается экологической безопасности, литий-ионные батареи значительно безопаснее аккумуляторных батарей на основе свинца или кадмия. А среди литий-ионных батарей наиболее безопасны батареи, в которых используется марганец.

Несмотря на все преимущества, такие батареи обладают и недостатками. Они хрупкие и требуют применения специальных схем защиты для обеспечения безопасной работы. Схема защиты, встроенная в корпус батареи, ограничивает пиковое напряжение на каждом элементе в процессе заряда и предупреждает падение напряжения ниже допустимого значения при разряде.

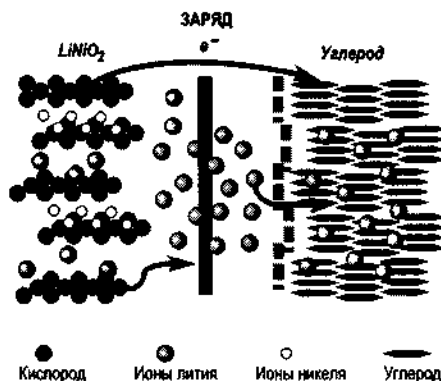


Рис. 4.2. Процесс заряда литий-ионного аккумулятора

Кроме того, эта схема ограничивает зарядный и разрядный токи, обеспечивает мониторинг температуры батареи, чтобы избежать перегрева. В целом предохранительные меры предупреждают образование металлического лития при перезаряде, опасность вентилизации с выбросом пламени или взрыва.

Большинству типов литий-ионных батарей свойственно старение. По неизвестным причинам производители батарей информацию об этом скрывают. Иногда в технических данных пишут о возможности некоторого снижения емкости батареи через один год независимо от того, использовалась она или не использовалась. Через 2—3 года батареи чаще всего выходят из строя. Это, скорее всего, связано с тем, что в веществах, входящих в состав батарей, со временем происходят необратимые химические процессы, приводящие батареи в негодное состояние.

Хранение батарей в прохладном месте замедляет процессы старения литий-ионных батарей так же, как и батарей других типов. Производители рекомендуют хранить батареи при температуре 15 °С. При этом батареи должны быть подзаряжены.

Для литий-ионных батарей не рекомендуется длительное хранение. Более того, в процессе хранения они должны быть подвержены ротации (т. е. их следует периодически переворачивать). При покупке батареи потребитель должен быть предупрежден производителем о сроке ее замены. К сожалению, информация о дате выпуска часто кодируется среди цифр серийного номера или отсутствует, что не позволяет конечному

потребителю определить дату выпуска без использования справочной литературы.

Производители постоянно работают над улучшением качества литий-ионных аккумуляторных батарей. Примерно каждые полгода они используют новые или улучшенные химические составы. При таких темпах сложно, а подчас и невозможно уследить за данными об изменениях в сроке хранения и эксплуатации.

Лучшими по соотношению цена/емкость являются цилиндрические литий-ионные аккумуляторные батареи. Чаще всего они применяются в мобильных компьютерах. Если необходима батарея в корпусе тоньше 18 мм, лучший выбор — призматические литий-ионные элементы, хотя они вдвое дороже цилиндрических. При необходимости батарей в сверхтонком корпусе (тоньше 4 мм), лучше всего подойдут литий-полимерные системы.

Преимущества литий-ионных аккумуляторных батарей:

- высокая энергетическая плотность;
- низкий саморазряд;
- отсутствует «эффект памяти»;
- простота обслуживания.

Недостатки литий-ионных аккумуляторных батарей:

- необходимость схемы защиты по току и напряжению;
- относительно быстрое старение. Хранение батареи в прохладном месте снижает процесс старения примерно на 40 %;
- умеренный ток разряда;
- проблемы при перевозке больших партий батарей — необходимо согласование;
- более высокая цена (на 40 % выше по сравнению с никель-кадмиевыми батареями);
- конструкция не доведена до совершенства.

При работе с литий-ионными батареями следует соблюдать меры предосторожности: нельзя замыкать их выводы накоротко, допускать перезаряд, разбирать, прикладывать напряжение обратной полярности, нагревать.

Следует использовать только литий-ионные батареи, имеющие схему защиты. Электролит таких батарей легко воспламеняем.

Количество типов корпусов литий-ионных аккумуляторных батарей ограничено несколькими типоразмерами, из которых наиболее популярен 18650 (18 — диаметр в миллиметрах, 650 — длина, мм · 0,1). Элементы этого типоразмера имеют емкость от 1800 до 2000 мА·ч. Емкость более крупных элементов типоразмера 26650 диаметром 26 мм достигает уже 3200 мА.

4.2. Особенности литий-полимерных аккумуляторных батарей

Литий-полимерные батареи отличаются от обычных литий-ионных аккумуляторных батарей видом используемого электролита. Разработанные в 1970-х годах, они используют только твердый сухой электролит из полимера, который похож на пленку из пластика, не проводящую электрический ток, но обеспечивающую ионообмен (т. е. пропускающую через себя ионы — электрически заряженные атомы или группы атомов). Полимерный электролит заменяет традиционный пористый сепаратор, пропитываемый жидким электролитом.

Сухой полимер позволяет упростить производство, улучшить безопасность аккумуляторных батарей этого вида и добиться их тонкопрофильной геометрии. При этом исчезает опасность воспламенения батарей, поскольку в них не используется жидкий или гелеобразный электролит.

С появлением элементов литий-полимерных аккумуляторных батарей толщиной всего в 1 мм перед конструкторами аппаратуры открылись новые возможности в отношении конечной формы и размеров новых электронных устройств. Были сняты многие ограничения касательно микроминиатюризации радиоэлектронных устройств. Новые микроэлементы питания для коммерческого использования появились на рынке всего несколько лет назад.

К сожалению, недостатком литий-полимеров является их плохая проводимость. Внутреннее сопротивление литий-полимерных батарей слишком велико и не позволяет обеспечивать токи, необходимые для работы современных средств связи и работы жестких дисков портативных компьютеров. Хотя нагрев элемента таких батарей до 60 °С и выше и увеличивает проводимость до необходимого значения, такой способ снижения их

внутреннего сопротивления не пригоден для коммерческих приложений.

Исследования в области усовершенствования характеристик литий-полимерных батарей при работе в условиях температур, близких к комнатным, продолжаются. Ожидается, что уже к 2005 г. появятся батареи этого типа, пригодные для коммерческого применения, способные сохранять работоспособность при количестве циклов заряд/разряд до 1000 и имеющие более высокую энергетическую плотность, чем выпускаемые в настоящее время литий-ионные батареи.

В то же время литий-полимерные аккумуляторные батареи в настоящее время успешно применяются в источниках резервного питания в странах с жарким климатом. Чаще всего они заменяют свинцово-кислотные батареи (VRLA), которые критичны к работе в условиях высоких температур.

Иногда для снижения внутреннего сопротивления литий-полимерных батарей применяют в них добавку гелевого электролита. Большинство литий-полимерных батарей, используемых для питания мобильных телефонов, на самом деле являются гибридными, представляющими собой нечто среднее между литий-ионными и литий-полимерными аккумуляторами, и в них используется гелевый электролит. Правильное название таких батарей — литий-ионные полимерные батареи, хотя в рекламных целях многие производители называют их литий-полимерными.

Какова же разница между литий-ионными и литий-полимерными батареями с гелевым электролитом? Хотя их характеристики и близки, в литий-полимерных батареях вместо сепараторов применяется твердый электролит. Добавленный в них гелевый электролит предназначен просто для улучшения ионообменных процессов и, таким образом, снижения внутреннего сопротивления.

Технические трудности при производстве литий-ионных полимерных батарей замедляют их продвижение на рынке. И инвесторы всегда быстрее хотят получить отдачу от вложенных в исследования денег.

В настоящее время все возможные преимущества литий-полимерных батарей пока еще не реализованы: не достигнута их более высокая емкость — она пока все еще меньше емкости литий-ионных батарей, их производство дороже производства тех же литий-ионных батарей. Они не лишены, из-за возможности

значительного уменьшения толщины литий-полимерных батарей интерес к ним, прежде всего производителей мобильных телефонов, не исчез. Конструкция корпусов для таких батарей более проста, для их производства необходима фольга, которая используется в пищевой промышленности. Нормы на размеры элементов литий-полимерных батарей пока не разработаны.

Преимущества литий-ионных полимерных батарей:

- очень малая толщина, сравнимая с толщиной кредитной карты;
- гибкий форм-фактор — производителям не обязательно привязываться к каким-то стандартным размерам, батареи могут выпускаться любого разумного размера и формы;
- малый вес — гелевый электролит намного легче жидкого, его применение позволяет упростить конструкцию корпуса и отказаться от металлической оболочки корпуса элемента;
- лучшая безопасность при эксплуатации — батареи устойчивы к перезаряду, в них не может произойти утечка электролита.

Недостатки литий-ионных полимерных батарей:

- более низкая энергетическая плотность и меньший ресурс по сравнению с литий-ионными батареями, хотя возможности для их совершенствования далеко не исчерпаны;
- дороговизна производства, однако при массовом производстве цены на литий-полимеры снизятся.

Поскольку литий-ионные полимерные батареи имеют плоскую структуру, в цилиндрических корпусах они не выпускаются.

4.3. Корпуса литий-ионных батарей

Появление призматических элементов (рис. 4.3) стало ответом на возникновение спроса на тонкие плоские аккумуляторные батареи. Впервые они появились на рынке в начале 1990-х годов. Батареи с такими элементами отличаются высокой степенью использования внутреннего объема корпуса и предназначены в основном для питания мобильных телефонов.

Более всего такая конструкция элементов характерна для литий-ионных аккумуляторов, которые также выпуска-

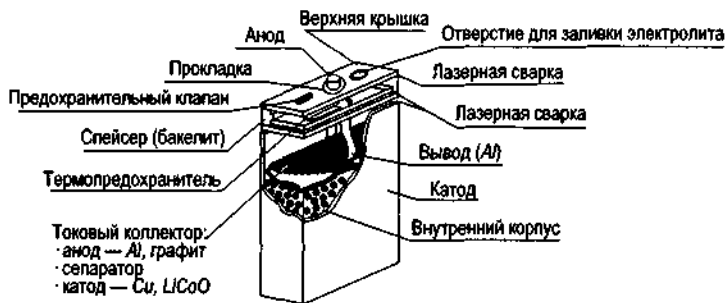


Рис. 4.3. Конструкция литий-ионного аккумулятора в призматическом корпусе

ются и в цилиндрических корпусах, а вот литий-полимерные батареи имеют исключительно призматические элементы, и для них не существует каких-либо стандартов, определяющих габаритные размеры. Призматические элементы по габаритам часто привязывают к типоразмерам 340648 и 340848, где первые две цифры означают ширину элемента, две другие — его толщину и две последние — длину. Некоторые производители позволяют себе отступать от этих стандартов. Например, Panasonic выпускает батареи размерами 34×50 мм и толщиной 6,5 мм. Это делается умышленно, с целью увеличения емкости батареи. Кроме того, маркировка литий-ионных аккумуляторов Panasonic отличается порядком цифр. Например, CGA103450, где две первые цифры обозначают толщину аккумулятора в миллиметрах, две другие — его ширину, две последние — высоту.

Недостатком призматических элементов является их более низкая по сравнению с цилиндрическими элементами энергетическая плотность. Кроме того, производство призматических элементов обходится дороже, сами они не обеспечивают такой высокой механической прочности, какую обеспечивают цилиндрические элементы. Для предупреждения раздутия из-за внутреннего давления газов корпус призматических элементов приходится изготавливать из более прочных металлов, хотя производители и допускают возможность их незначительного раздувания.

При небольших габаритах призматические элементы имеют емкость от 400 до 2000 мА·ч и выше. Поскольку для различных моделей мобильных телефонов необходимы батареи определен-

ных размеров и формы, производители аккумуляторных батарей полностью удовлетворяют запросы их производителей. Такие батареи не имеют системы вентиляции и могут раздуваться. Но, если соблюдать правила их эксплуатации, этого не произойдет.

В 1995 г. впервые были представлены элементы аккумуляторных батарей в виде пакета. В отличие от дорогостоящих металлических цилиндров и переходов стекло-металл для изоляции пластин противоположной полярности, в пакетных элементах положительные и отрицательные пластины завернуты в гибкую жаропрочную фольгу. Выводы такого элемента представляют собой проводящие выводы из фольги, к которым припаяны электроды, изолированные от материала пакета. Внешний вид пакетного элемента представлен на рис. 4.4.

Из-за своей конструкции пакетный элемент позволяет точно «привязаться» к заданным размерам необходимого элемента, добиваясь эффективности использования внутреннего пространства корпуса в 90...95 %. А это наиболее высокий коэффициент использования пространства корпуса из всех видов аккумуляторов.

В связи с отсутствием металлического корпуса пакетные элементы имеют малый вес. Основные области их применения: мо-

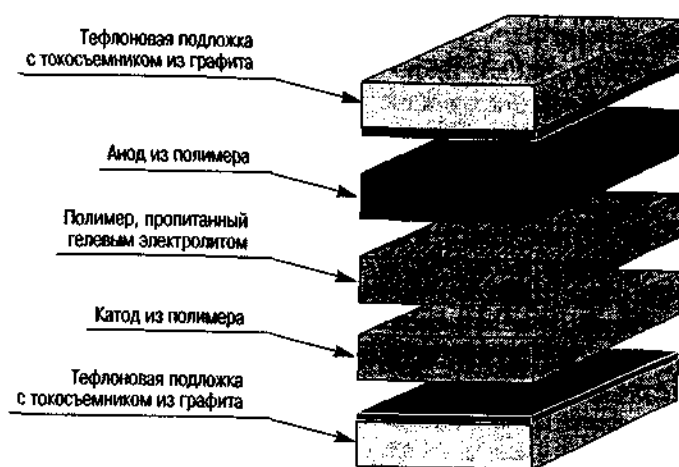


Рис. 4.4. Пакетные элементы литий-ионных батарей

бильные устройства, военная техника связи. Размеры элементов не стандартизованы, они выпускаются для целевого назначения.

По принципу работы пакетные элементы относятся к литий-ионным или литий-полимерным аккумуляторам. В настоящее время они еще достаточно дороги для массового производства и, кроме того, недостаточно надежны, их энергетическая плотность и токи разряда меньше, чем у аккумуляторов обычной конструкции, и, соответственно, меньше срок службы.

Неприятной является возможность раздутия пакетных элементов выделяющимися при заряде или разряде газами. Производители утверждают и настаивают на том, что в правильно сконструированных литий-ионных и литий-полимерных элементах газы не выделяются, если строго соблюдаются правила их эксплуатации: заряд должен происходить только при определенной величине тока, и напряжение заряда должно лежать в пределах допустимых значений. При разработке защитного покрытия пакетных элементов необходимо предусматривать некоторый запас свободного объема для предотвращения раздутия, а при использовании нескольких элементов в качестве батареи лучше не объединять их в «пачку», а располагать рядом один за другим.

Пакетные элементы очень чувствительны к скручиванию, а также к точечным давлениям. Поэтому защитное покрытие должно предохранять элементы от такого вида воздействий и механических ударов.

В различных видах цифровой аппаратуры, в том числе и в компьютерной технике, в качестве источника питания энергонезависимой памяти используют таблеточные литий-ионные аккумуляторы. Устройство такого аккумулятора поясняет рис. 4.5.

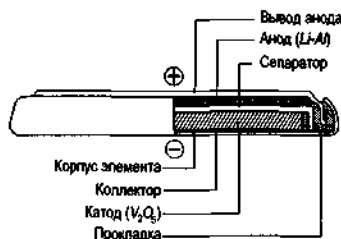


Рис. 4.5. Устройство таблеточного литий-ионного аккумулятора

4.4. Заряд литий-ионных батарей

Зарядные устройства литий-ионных батарей по принципу работы подобны зарядным устройствам свинцово-кислотных батарей — это устройства с ограничением напряжения заряда. Отличия состоят в более высоком напряжении элемента литий-ионной батареи, меньших допустимых отклонениях напряжения заряда и отсутствии необходимости компенсационного заряда (струйной подзарядки) по достижении батареей состояния полного заряда.

В то время как при заряде свинцово-кислотных батарей допускается довольно гибкое определение напряжения отсечки (конца заряда), к величине напряжения отсечки при заряде литий-ионных батарей предъявляются жесткие требования: оно должно быть строго определенного значения.

В начальный период, когда только появились литий-ионные батареи, использующие графитовую систему, требовалось ограничение напряжения заряда из расчета 4,1 В на элемент. Хотя использование более высокого напряжения позволяет увеличить энергетическую плотность, окислительные процессы, происходившие в элементах такого типа при напряжениях, превышающих порог 4,1 В, приводили к сокращению их срока службы. Со временем этот недостаток устранили за счет применения химических добавок, и в настоящее время литий-ионные элементы можно заряжать до напряжения 4,20 В. Допустимое отклонение напряжения составляет всего лишь около $\pm 0,05$ В на элемент.

Литий-ионные батареи промышленного и военного назначения должны иметь больший срок службы, чем батареи для коммерческого применения. Поэтому для них пороговое напряжение конца заряда составляет 3,90 В на элемент. Хотя энергетическая плотность (соотношение кВт·ч/кг) у таких батарей ниже, увеличенный срок службы при небольших размерах, весе и более высокая по сравнению с батареями других типов энергетическая плотность ставят литий-ионные батареи вне конкуренции.

При заряде литий-ионных батарей током 1С время заряда составляет 2—3 ч. В процессе заряда они не нагреваются. Батарея достигает состояния полного заряда, когда напряжение на ней становится равным напряжению отсечки, а ток при этом значительно снижается и составляет примерно 3 % от начального тока заряда (рис. 4.6).

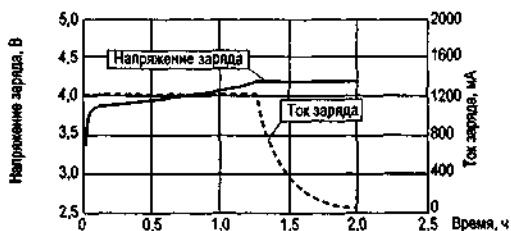


Рис. 4.6. График цикла заряда литий-ионного аккумулятора

Если на рис. 4.6 представлен типовой график заряда одного из типов литий-ионных аккумуляторов, производимых компанией Panasonic, то на рис. 4.7 процесс заряда представлен более наглядно. При увеличении тока заряда литий-ионной батареи время заряда сколько-нибудь значимо не сокращается. Хотя при более высоком токе заряда напряжение на батарее нарастает быстрее, этап подзарядки после окончания первого этапа цикла заряда длится дольше.

В некоторых типах зарядных устройств для заряда литий-ионной батареи требуется время 1 ч и менее. В таких устройствах этап 2 исключен, и батарея переходит в состояние «готово» сразу после завершения этапа 1. В этой точке она будет заряжена примерно на 70 %, и после этого возможна ее подзарядка.

Способ струйной подзарядки для литий-ионных аккумуляторов неприменим из-за того, что они не способны поглощать

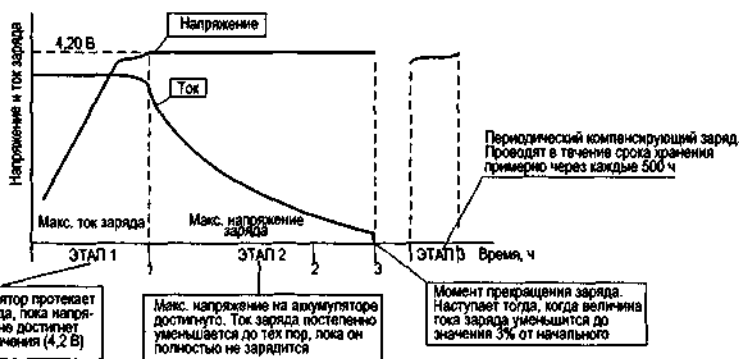


Рис. 4.7. Обобщенный график цикла заряда литий-ионных аккумуляторов

энергию при перезаряде. Более того, струйная подзарядка может вызвать металлизацию лития, что делает работу аккумулятора нестабильной. Напротив, короткая подзарядка постоянным током способна компенсировать небольшой саморазряд батареи и компенсировать потери энергии, вызванные работой ее устройства защиты. В зависимости от типа зарядного устройства и степени саморазряда батареи такая подзарядка может проводиться через каждые 500 ч, или 20 дней. Обычно ее следует проводить при снижении напряжения холостого хода до 4,05 В/элемент и завершать, когда оно достигнет 4,20 В/элемент.

А что может произойти при случайном перезаряде литий-ионной батареи? Батареи этого типа могут безопасно работать только при нормальном напряжении заряда. Если оно будет выше нормального, батарея может работать нестабильно и выйти из строя. Это происходит потому, что при превышении значения напряжения заряда 4,30 В/элемент начинается происходить металлизация анода литием, а на катоде происходит активное выделение кислорода, и температура батареи при этом растет.

Безопасной работе литий-ионных батарей должно уделяться серьезное внимание. В батареях коммерческого назначения имеются специальные устройства защиты, предупреждающие превышение напряжения заряда выше определенного порогового значения, которое, как было уже отмечено выше, составляет 4,30 В/элемент. Дополнительный элемент защиты обеспечивает прекращение заряда, если температура батареи достигнет 90 °C. Наиболее совершенные по конструкции батареи имеют еще один элемент защиты — механический выключатель, который срабатывает при повышении внутрикорпусного давления батареи. Встроенная система контроля напряжения настроена на два напряжения отсечки — верхнего и нижнего порогов.

Есть и исключения — литий-ионные батареи, в которых устройства защиты вообще отсутствуют. Это батареи, в состав которых входит марганец. Благодаря его наличию, при перезаряде процессы металлизации анода и выделения кислорода на катоде происходят настолько вяло, что стало возможным отказаться от использования устройств защиты.

Литий-ионные батареи имеют отличные зарядные характеристики как при высоких, так и при низких температурах. Некоторые из них можно заряжать током 1С при температурах от 0 до 45 °C. Большинство литий-ионных батарей при низких тем-

пературах — от 5°C и ниже — «предпочитает» меньшие токи заряда. При этом следует избегать заряда при температуре замерзания, т. к. на аноде происходит осаждение металлического лития.

Категорически запрещается разбирать литий-ионные аккумуляторы. В случае протечки электролита и его попадания на открытые участки кожи или в глаза следует немедленно промыть их чистой водой и делать это в течение 15 мин. После чего следует обратиться к врачу.

4.5. Заряд литий-полимерных батарей

Процесс заряда литий-полимерных батарей подобен заряду литий-ионных батарей. В литий-полимерных батареях используется сухой электролит. Время их заряда составляет 3...5 ч. Литий-полимерные батареи с гелевым электролитом чаще всего классифицируют как литий-ионные, и их процессы заряда аналогичны.

Большинство зарядных устройств предназначены для зарядки как литий-ионных, так и литий-полимерных батарей. Так что потребителю нет необходимости задумываться, какую батарею он использует.

В настоящее время большинство литий-ионных батарей коммерческого назначения на самом деле представляет собой литий-полимерные батареи с гелевым электролитом, и недорогие литий-полимерные батареи с сухим электролитом через несколько лет будут ими вытеснены.

4.6. Устройства защиты литий-ионных аккумуляторных батарей

Литий-ионные батареи коммерческого назначения имеют наиболее совершенную защиту среди всех типов батарей. Такой уровень защиты обусловлен тем, что, будучи подключенными к какому-либо электронному устройству, они постоянно находятся в руках человека. Обычно в схеме защиты литий-ионных батарей используется ключ на полевом транзисторе, который при достижении на элементе батареи напряжения 4,30 В открывается

и тем самым прекращает процесс заряда. Кроме того, имеющийся термopедохранитель при нагреве батареи до 90°C отключает цепь ее нагрузки, обеспечивая таким образом ее термальную защиту. Но и это не все! Каждый элемент имеет выключатель, который срабатывает при достижении порогового уровня давления внутри ее корпуса, равного 1034 кПа ($10,5 \text{ кг/м}^2$), и разрывает цепь нагрузки. Есть и схема защиты от глубокого разряда, которая следит за напряжением батареи и разрывает цепь нагрузки, если оно снизится до уровня 2,5 В на элемент.

Внутреннее сопротивление схемы защиты аккумуляторной батареи мобильного телефона во включенном состоянии составляет 50...100 мОм (0,05...0,1 Ом). Конструктивно она состоит из двух ключей, соединенных последовательно. Один из них срабатывает при достижении верхнего, а другой — нижнего порога напряжения на батарее. Общее сопротивление этих ключей фактически обеспечивает удвоение ее внутреннего сопротивления, особенно если она состоит всего лишь из одного элемента. Батареи питания мобильных телефонов должны обеспечивать высокие токи нагрузки, что возможно при максимально низком внутреннем сопротивлении батареи. Таким образом, схема защиты представляет собой препятствие, ограничивающее ее рабочий ток.

В некоторых типах литий-ионных батарей, использующих в своем химическом составе марганец и состоящих из 1—2 элементов, схема защиты не используется. Вместо этого в них установлен всего лишь один предохранитель. И такие батареи являются безопасными из-за их малых габаритов и низкой емкости. Кроме того, марганец довольно терпим к нарушениям правил эксплуатации батареи. Отсутствие схемы защиты снижает стоимость литий-ионной батареи, но привносит новые проблемы.

В частности, пользователи мобильных телефонов могут использовать для подзарядки их батарей нештатные зарядные устройства. При таких недорогих зарядных устройствах, предназначенных для подзарядки от сети или от бортовой сети автомобиля, можно быть уверенным, что при наличии в батарее схемы защиты, она отключит ее по достижении напряжения конца заряда. Если же схема защиты отсутствует, произойдет перезаряд батареи и, как это часто бывает, ее необратимый выход из строя. Этот процесс обычно сопровождается повышенным нагревом и раздутием корпуса батареи. Конечно, таких ситуаций допускать нельзя. Кроме того, при выходе батареи по причине использова-

ния нештатного зарядного устройства замене по гарантии она не подлежит.

Другое, литий-ионные батареи с электродами из кобальта, например, требуют полной защиты. Разряд статического электричества или неисправность зарядного устройства могут повлечь выход из строя схемы защиты батарей. Это значит, что в результате твердотельный ключ схемы защиты постоянно находится во включенном состоянии, а пользователь об этом не подозревает. При этом аккумуляторная батарея может функционировать нормально, но требованиям безопасности она отвечать не будет. В процессе заряда могут произойти ее перегрев, раздутие корпуса и в некоторых случаях выход газов с воспламенением («вентиляция с пламенем») со всеми вытекающими последствиями. Короткое замыкание выводов батарей также опасно.

Производители литий-ионных батарей в их технических характеристиках стараются не упоминать об их взрывоопасности. Вместо этого они используют термин «вентиляция с пламенем». И хотя эта реакция протекает медленнее взрыва, она настолько интенсивна, что приводит к сильному удару на небольшом расстоянии от батареи и может вывести из строя электронное устройство, которое питается от этой батареи.

Большинство производителей литий-ионных аккумуляторов не продают их отдельно в качестве элементов аккумуляторных батарей. Вместо этого они выпускают и продают литий-ионные аккумуляторные батареи со встроенными схемами защиты, поскольку понимают опасность, исходящую от неумелого их применения, и в интересах потребителя стараются минимизировать возможные негативные последствия, которые могут возникнуть при их эксплуатации. Этим же целям служит и жесткая сертификация продукции компаний, предшествующая появлению новых типов литий-ионных аккумуляторных батарей на рынке.

4.7. Заряд полностью разряженных литий-ионных аккумуляторных батарей

Типовое значение напряжения конца разряда для литий-ионных аккумуляторов составляет 3 В на элемент, а упоминаемое выше 2,5 В — это напряжение отсечки, прерывающее процесс дальнейшего разряда. Однако на практике случается,

что такие аккумуляторы могут быть совершенно разряжены, когда напряжение имеет значение ниже 2,5 В на элемент. Обычно это происходит при их длительном хранении без подзарядки. В этом случае производители литий-ионных батарей рекомендуют трехступенчатый способ их заряда для перевода в рабочее состояние.

Не все зарядные устройства могут обеспечить зарядку литий-ионных батарей, разряженных до напряжения менее 2,5 В на элемент. Сначала необходимо поднять напряжение на батарее до уровня, достаточного для начала работы зарядного устройства. После этого необходим заряд малым током для восстановления ее емкости. Особую осторожность следует проявлять при возвращении к жизни литий-ионных батарей, которые имели длительный перерыв в эксплуатации и хранились в состоянии глубокого или полного разряда.

В качестве примера приведем рекомендации по зарядке полностью разряженной литий-ионной батареи, применяемой для питания мобильных телефонов Siemens серии 45 (S45, ME45). В этих телефонах используется литий-ионная батарея емкостью 840 мА·ч. Роль датчика температуры в ней выполняет терморезистор сопротивлением 22 кОм при $t^\circ = 25^\circ\text{C}$. В целом управление питанием сотового телефона обеспечивает специализированная микросхема (ASIC). Производитель — компания Siemens — четко определил, что нижний предел напряжения, до которого можно разрядить аккумуляторную батарею, составляет 3,2 В. Почему не 2,5 В, как было указано выше? Потому что только при напряжении не ниже 3,2 В гарантирована работа мобильного телефона. Напряжение же полностью заряженной батареи составляет 4,2 В.

В случае, если произошел глубокий разряд батареи, зарядить ее как обычно — за 2—3 часа — не удастся. Восстановительный заряд необходимо выполнять в три этапа:

1. Заряд батареи током 20 мА до напряжения 2,8 В.
2. Заряд током 50 мА до напряжения 3,2 В.
3. Нормальный заряд до напряжения 4,2 В.

При полном разряде аккумуляторной батареи процессом ее заряда управляет специализированная (заказная) микросхема ASIC типа DO8296B. Причем в данном случае ее источником питания на первых двух этапах заряда является зарядное устройство, а на третьем — уже сама аккумуляторная батарея.

Каждая цепочка параллельно включенных литий-ионных аккумуляторов должна иметь собственные средства мониторинга их состояния.

Чем больше элементов последовательно соединено в батарее, тем совершеннее должна быть ее схема защиты. В коммерческих приложениях количество аккумуляторов в батарее не должно превышать четырех.

5.1. Алкалиновые элементы многократного использования

Алкалиновые элементы широко применяются для питания бытовой электронной аппаратуры. Правильнее было бы называть их щелочными (от англ. *alkali* — щелочь), но, поскольку название «алкалиновые» прижилось, будем использовать этот термин. На рис. 5.1 показано устройство алкалинового элемента.

Идея перезарядки алкалиновых (щелочных) батарей не нова. Хотя такая возможность производителями не подтверждена, из практики следует, что при подзарядке такие батареи могут служить длительное время. Однако подзарядка эффективна только в



Рис. 5.1. Устройство алкалинового элемента

том случае, если емкость батареи не успела снизиться более чем на 50 % от номинальной. Число возможных циклов подзарядки зависит исключительно от степени разряда батареи и в лучшем случае составляет несколько раз. С каждым циклом емкость батареи уменьшается. При этом к самому процессу подзарядки следует подходить осторожно: во время него выделяется водород — взрывоопасный газ. Поэтому следует предпринимать меры предосторожности.

Тесты, проведенные с аккумуляторными элементами типоразмера АА, показали, что после первой перезарядки их емкость была близка к номинальной. Фактически их энергетическая плотность соответствовала плотности никель-металлгидридных батарей. После того как элемент АА был разряжен, а потом вновь заряжен, его емкость уменьшилась до 60 % и стала меньше емкости никель-кадмиевых батарей такого же размера. При дальнейших испытаниях (разряд током 0,2С до напряжения конца заряда 1 В/элемент и заряд) емкость элементов продолжала снижаться.

Дополнительным недостатком повторного использования алкалиновых батарей является ограничение их тока разряда — он не должен превышать 400 мА, и, чем меньше эта величина, тем лучших результатов удастся добиться. Хотя такие токи и допустимы при использовании алкалиновых батарей в качестве источников питания АМ/FM радиоприемников, CD и кассетных плееров и вспышек для фотоаппаратов, их нельзя использовать для питания мобильных телефонов и видеокамер. Поэтому для питания устройств с более высокими токами нагрузки следует использовать обычные алкалиновые батареи.

Достоинства алкалиновых батарей многократного использования:

- дешевизна и немедленная готовность к применению сразу после покупки;
- возможность замены обычных непerezаряжаемых батарей;
- более экономичны, чем непerezаряжаемые батареи, — допускают несколько перезарядок;
- малый саморазряд — новые батареи могут храниться до 10 лет;
- экологическая чистота — батареи не содержат токсичных веществ;
- простота обслуживания и отсутствие «эффекта памяти».

Недостатки щелочных батарей многократного использования:

- ограниченный ток нагрузки;
- ограниченный срок эксплуатации.

5.2. Ионисторы

Ионистор (по зарубежной терминологии — суперконденсатор, или *supercapacitor*) — это энергонакопительный конденсатор, заряд в котором накапливается на границе раздела двух сред — электрода и электролита (фото 5.1). Энергия в ионисторе хранится в виде статического заряда. Накопление происходит, если к его обкладкам будет приложена разность потенциалов (постоянное напряжение). Концепция создания ионисторов появилась несколько лет назад, и в настоящее время они нашли свою нишу применения. Ионисторы с успехом могут заменять химические источники тока в качестве резервного (микросхемы памяти) или основного подзаряжаемого (часы, калькуляторы) источника питания.

Если простой конденсатор представляет собой обкладки из фольги, разделенные сухим сепаратором, то ионистор — это сочетание конденсатора с электрохимической батареей. В нем используются специальные обкладки и электролит. В качестве обкладок используются материалы одного из трех типов: обкладки большой площади на основе активированного угля, оксиды ме-

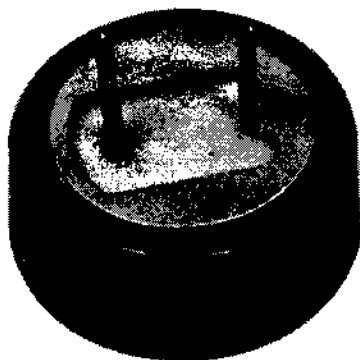


Фото 5.1 Внешний вид одного из типов ионисторов

таллов и проводящие полимеры. Применение высокопористых угольных материалов позволяет достичь плотности емкости порядка 10 Ф/см^3 и выше. Ионисторы на основе активированного угля наиболее экономичны в производстве. Их еще называют двухслойными или DLC-конденсаторами (DLC — Double Layer Capacitor — двухслойный конденсатор), потому что заряд сохраняется в двойном слое, образующемся вблизи поверхности обкладки.

Электролит ионисторов может быть водным или органическим. Ионисторы на основе водного электролита обладают малым внутренним сопротивлением, но напряжение заряда для них ограничено 1 В. А ионисторы на основе органических электролитов обладают более высоким внутренним сопротивлением, однако обеспечивают напряжение заряда 2...3 В.

Для питания электронных схем необходимы более высокие напряжения, чем обеспечивают ионисторы. Для получения необходимого напряжения их включают последовательно. 3—4 ионистора обеспечивают напряжение достаточной величины. Величина энергетической емкости конденсаторов измеряется в пикофарадах ($1 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$), нанофарадах ($1 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$) и микрофарадах ($1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$), в то время как емкость ионисторов (суперконденсаторов) поистине огромна и измеряется в фарадах (Ф). В них достижима энергетическая плотность от 1 до 10 Вт/кг . Она больше, чем у обычных конденсаторов, но меньше, чем у аккумуляторных батарей. Сравнительно низкое внутреннее сопротивление ионисторов обеспечивает хорошую проводимость.

Ионистор способен запастись энергией, примерно равную $1/10$ энергии никель-металлгидридной батареи. В то время как аккумуляторная батарея выдает относительно постоянное рабочее напряжение, напряжение на ионисторе уменьшается линейно от рабочего значения до нуля и ему не присущи такие «плоские» участки характеристики разряда, как у аккумуляторных батарей. По этой причине он не способен удерживать полный заряд. Степень его заряда определяется в процентах и зависит в первую очередь от того приложения, в котором он используется.

Например, если 6-вольтовая батарея допускает разряд до 4,5 В, пока оборудование не отключится, ионистор достигает этого порога в течение первой четверти времени разряда. Оставшаяся в нем запасенная энергия оказывается ненужной. Для увеличения степени использования запасенной в ионисторе

энергии можно использовать DC/DC преобразователи, однако такой путь недостаточно эффективен и к тому же ведет к удорожанию системы на 10—15 %.

Чаще всего ионисторы применяют для питания микросхем памяти, и иногда ими заменяют электрохимические батареи. Кроме того, их используют в цепях фильтрации и сглаживающих фильтрах.

Могут они работать и в буфере с батареями в целях защиты их от резких бросков тока нагрузки: при низком токе нагрузки батарея подзаряжает суперконденсатор, и, если он резко возрастет, суперконденсатор отдаст запасенную энергию, чем снизит нагрузку на батарею. При таком варианте применения его размещают либо непосредственно возле аккумуляторной батареи, либо внутри ее корпуса.

Преимущества ионисторов:

- большой срок службы;
- низкое внутреннее сопротивление — обеспечивает сглаживание импульсов (бросков) тока нагрузки, если включен параллельно аккумуляторной батарее;
- быстрый заряд — в течение нескольких секунд из-за низкого внутреннего сопротивления;
- работа при любом напряжении, не превышающем номинального;
- неограниченное количество циклов заряд/разряд;
- отсутствие необходимости контроля за режимом зарядки;
- применение простых методов заряда;
- широкий диапазон рабочих температур: $-25...70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- дешевизна.

Недостатки ионисторов:

- не обеспечивают достаточного накопления энергии;
- низкая энергетическая плотность;
- низкое напряжение на отдельных типах ионисторов;
- для получения требуемого напряжения необходимо последовательное включение не менее трех ионисторов;
- высокий саморазряд.

Применение:

- видеоманитофоны, телевизоры, СВЧ-печи: резервное питание таймера;

- видеокамеры, платы памяти, пейджеры: резервное питание запоминающего устройства во время смены батарей;
- музыкальные центры: питание микросхем памяти установок тюнера;
- телефоны: питание микросхем памяти для хранения номеров абонентов;
- электронные счетчики электрической энергии;
- охранная сигнализация;
- электронные измерительные приборы и т. д.

5.3. Основные сведения по ионисторам отечественного производства

Отечественной промышленностью выпускаются несколько типов ионисторов. Их характеристики приведены в табл. 5.1, а внешний вид — на рис. 5.2.

Таблица 5.1

Тип ионистора	Емкость, Ф	Номинальное напряжение, В	Внутреннее сопротивление, Ом	Габариты а-б-с-д-е, мм	Масса, г
58-3	2	2,5	30	18,3-х-х-х-2,7	2
58-9а	0,47	2,5	80	10,5-14-5-26-4,5	0,5
58-9а	2	2,5	30	19-23-5-38-5,5	2
58-9б	0,62	5	60	27-22,5-10-35-13	11
58-9б	1	5	60	27-22,5-10-35-13	11
58-9б	0,62	6,3	90	27-22,5-10-35-13	11
58-9б	1	5	60	21,5-8-5-4-х	8
58-9б	0,62	6,3	90	21,5-10,5-5-16,5-х	10

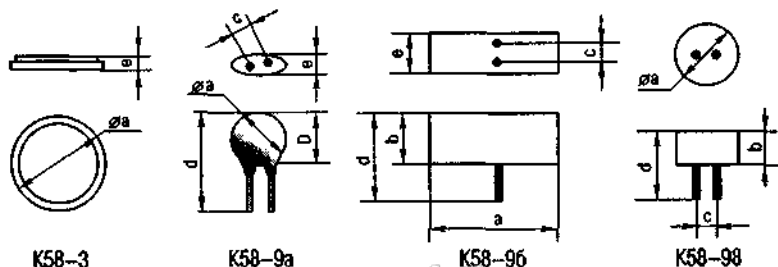


Рис. 5.2. Внешний вид ионисторов отечественного производства

На рис. 5.3 приведены характеристики саморазряда ионистора при различных сопротивлениях нагрузки.

При использовании ионисторов в схемах электронных устройств цепь их подзарядки очень проста. Она состоит из диода и токоограничительного резистора (рис. 5.4). Резистор служит для ограничения тока заряда до 5...50 мА.

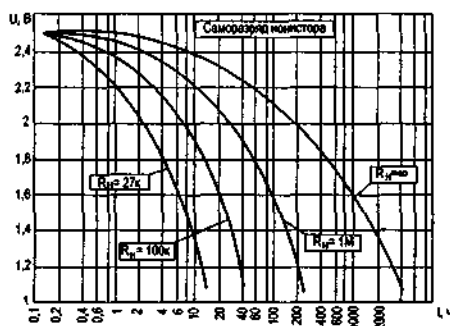


Рис. 5.3. Характеристики саморазряда ионистора

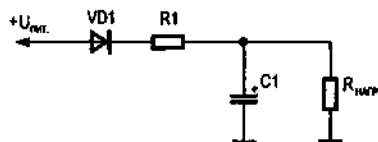


Рис. 5.4. Схема зарядной цепи ионистора

Глава 6

«РАЗУМНЫЕ» БАТАРЕИ

Обычная батарея «говорить» не умеет, она — «немая», т. к. по ней никак нельзя оценить ни степени ее заряда, ни ее состояния. Пользователю остается только надеяться, что отключенная от зарядного устройства она исправно выполнит свои функции.

В последнее время все более широкое распространение получают так называемые «разумные» батареи (Smart batteries). Внутри них установлен микрочип, способный обмениваться данными с зарядным устройством и выдавать пользователю статистические данные о батарее. Обычно такие батареи применяются для питания ноутбуков и видеокамер, а также некоторых типов оборудования медицинского и военного назначения.

Существуют различные типы разумных батарей, отличающихся числом функций, производительностью и ценой. Наиболее простыми считаются батареи со встроенным чипом, предназначенным для идентификации их типа в многофункциональных зарядных устройствах, для того чтобы автоматически выставить правильный алгоритм заряда. Батареи со встроенной защитой от перезаряда, недозаряда и короткого замыкания разумными называть нельзя.

Наиболее совершенные разумные батареи обеспечивают индикацию состояния заряда. Среди компаний, впервые предложивших такие батареи на рынке, была Unitrode.

Первые чипы для разумных батарей появились в начале 1990-х годов. В настоящее время их производством занимается большое число компаний. В конце 1990-х годов была разработана архитектура разумных батарей с возможностью считывания степени их заряда (SoC — State of Charge). Это были 1- и 2-проводные системы. Большинство 2-проводных систем работает по протоколу SMBus (System Management Bus).

6.1. Системы с 1-проводным интерфейсом 1-Wire®

Системы с 1-проводным интерфейсом 1-Wire® относятся к наиболее простым, и обмен данными в них осуществляется по одному проводу. Батарея со встроенной системой с 1-проводным интерфейсом 1-Wire® имеет всего три вывода: положительный, отрицательный и вывод данных (Data). Некоторые производители в целях безопасности вывод датчика температуры выполняют отдельно (рис. 6.1).

Современные системы с 1-проводным интерфейсом 1-Wire® хранят специфические данные о батарее и отслеживают ее температуру, напряжение, ток, степень заряда. Из-за простоты и сравнительно низкой цены они нашли широкое применение в батареях мобильных телефонов, портативных радиостанций, видеокамер.

Большинство систем с 1-проводным интерфейсом 1-Wire® не имеют общего форм-фактора, не стандартизованы в них и мето-

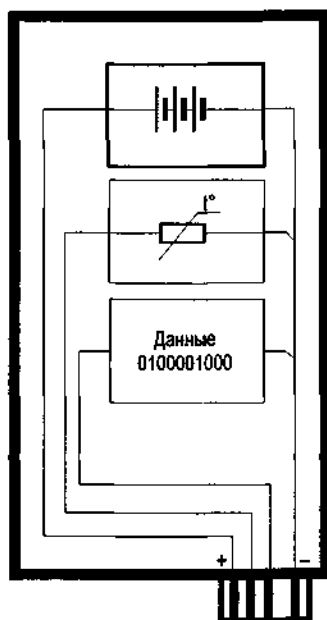


Рис. 6.1. Структурная схема Smart-батареи с 1-проводным интерфейсом 1-Wire®

ды измерения состояния батарей. Все это в целом вызывает проблему концепции универсального зарядного устройства. Кроме того, системы с 1-проводным интерфейсом 1-Wire® позволяют определять состояние батареи только в том случае, если она установлена в специально разработанное под эту систему зарядное устройство.

6.2. Системы с шиной SMBus

SMBus — наиболее совершенная из всех систем, поскольку является стандартом для портативных электронных устройств и использует единый стандартный протокол обмена данными. SMBus представляет собой 2-проводной интерфейс, посредством которого простые микросхемы системы электропитания могут обмениваться данными с системой. По одному проводу передаются данные, по другому — сигналы синхронизации (рис. 6.2). Основу этой шины составляет архитектура шины I²C. Разрабо-

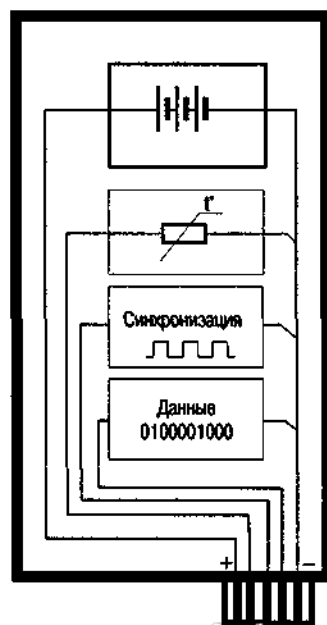


Рис. 6.2. Структура Smart-батареи с шиной SMBus

танная фирмой Philips, шина I²C представляет собой синхронную многоточечную систему двунаправленного обмена данными, работающую при частоте синхронизации 100 кГц.

Системная архитектура разумных батарей, используемая в настоящее время, была стандартизована компаниями Dugacell/Intel еще в 1993 г. До этого производители портативных компьютеров разрабатывали собственные разумные батареи. На основе новой спецификации был создан универсальный интерфейс, что к тому же позволило обойти некоторые препятствия, связанные с патентованной интеллектуальной собственностью.

Назло принятому стандарту многие крупные производители компьютеров, такие, как IBM, Compaq, Toshiba, продолжили выпуск аккумуляторных батарей собственного производства. Они мотивировали свое решение тем, что не могут гарантировать безопасности и качества батарей сторонних производителей. Этими компаниями были разработаны собственные форм-факторы аккумуляторных батарей с целью эффективного использования определенного для батареи объема, снижения веса и габаритов производимых ноутбуков. В результате отсутствия конкуренции в этой нише рынка оригинальные батареи продаются по завышенным ценам.

Первые образцы аккумуляторных батарей с SMBus имели проблемы: электронные схемы не обеспечивали обработки информации с достаточной точностью, не обеспечивалось отображение как значения тока, так и значений напряжения и температуры в режиме реального времени. Существовало и множество других существенных проблем. В результате практически все технические решения, касающиеся реализации разумной батареи на основе SMBus, были пересмотрены.

Смысл новых решений заключался в том, чтобы переложить функции управления процессом заряда с зарядного устройства на аккумуляторную батарею. Теперь уже не зарядное устройство, а сама батарея с системой на основе SMBus задавала алгоритм своего заряда. Таким образом, обеспечивались совместимость зарядных устройств с батареями различных типов, правильная установка значений тока и алгоритма заряда, точное отключение батареи в момент окончания заряда. И, что немаловажно, пользователю стало ненужным знать, какого типа батареей он пользуется, — все эти заботы она брала на себя, а его функции сводились только к тому, чтобы опознать и начать заряжать.

Рассмотрим, что же такое разумная батарея изнутри. Батарея с системой SMBus имеет микросхему, в которой запрограммированы постоянные и временные данные. Постоянные данные программируют на заводе-изготовителе, и они включают идентификационный номер батареи, данные о ее типе, заводской номер, наименование производителя и дату выпуска. Временные данные — это те данные, которые периодически обновляются. К ним относятся количество циклов заряда, пользовательские данные и эксплуатационные требования.

SMBus делится на три уровня. Уровень 1 (Level 1) в настоящее время не используется, т. к. не обеспечивает заряд различных по типу батарей. Уровень 2 (Level 2) предназначен для внутрисхемного заряда. Пример этого — батарея ноутбука, которая заряжается, будучи установленной. Уровень 3 (Level 3) зарезервирован для применения в multifunctional внешних зарядных устройствах. Большинство внешних зарядных устройств построено на основе SMBus Level 3. К сожалению, из-за сложности такие зарядные устройства получаются дорогими.

Среди различных типов разумных батарей наиболее популярны батареи форм-факторов 35 и 202 (рис. 6.3), выпускаемые такими компаниями, как Sony, Hitachi, Golden Peak Batteries (GP), Moltech (бывшая компания Energizer), Moli Energy и многими другими.

Аккумуляторные батареи с SMBus имеют и недостатки. Даже самые простые из них примерно на 25 % дороже обычных бата-

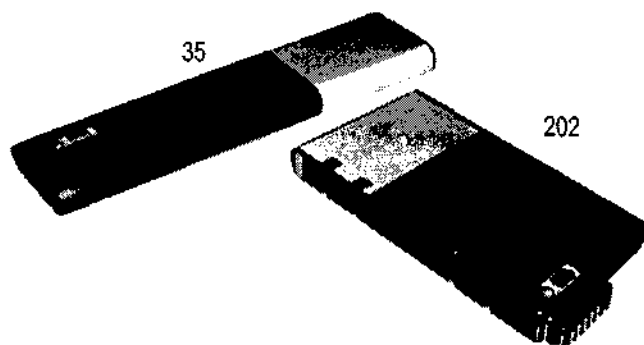


Рис. 6.3. Smart-батареи форм-факторов 35 и 202

рей. Несмотря на то, что разумные батареи были предназначены для того, чтобы упростить конструкцию зарядных устройств, зарядные устройства уровня 3 стоят намного дороже зарядных устройств для обычных батарей.

Имеется и еще одна проблема — необходимость калибровки. Дело в том, что в процессе эксплуатации батарея может работать при различных токах нагрузки, и ее разряд может быть неполным. При этом часто происходит так, что она «запоминает» текущее состояние емкости, которое не соответствует реальному значению. Поэтому периодически следует «переучивать» батарею, для того чтобы она при определении алгоритма заряда учитывала свою реальную емкость. Делается это путем выполнения цикла полного разряда с последующим полным зарядом. Периодичность такой операции — примерно один раз в три месяца или через каждые 40 циклов заряд/разряд. Такой же цикл следует провести и после длительного хранения батареи, перед ее вводом в эксплуатацию.

Недостатком является и проблема несовместимости: более поздние и более совершенные версии SMBus несовместимы с более ранними версиями.

Глава 7

МЕТОДЫ РАЗРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Назначение аккумуляторной батареи — накапливать энергию, для того чтобы затем отдавать ее в нагрузку в течение определенного времени и в определенном количестве. С одной стороны от нее требуется накапливать как можно больше энергии, а с другой обеспечить ее отдачу в нагрузку в том количестве, которое необходимо. И еще одним требованием к ней является способность сохранять энергию без существенных потерь как можно дольше в том случае, если нагрузка отключена.

В этой главе будут рассмотрены вопросы о том, как различные методы разряда аккумуляторных батарей влияют на обеспечение нагрузки электроэнергией, каковы требования к нагрузочным характеристикам различных устройств, для питания которых используются аккумуляторные батареи.

7.1. Зависимость тока разряда от емкости батареи

Токи заряда и разряда любой аккумуляторной батареи изменяются относительно ее емкости C . При этом емкость полностью заряженной батареи принимается равной 1 или, как обычно ее обозначают, $1C$. Если говорят о том, что ток разряда батареи равен $1C$, то это означает его численное равенство заявленной производителем номинальной емкости батареи. Например, если емкость батареи равна 1 А·ч, то ток разряда, соответствующий значению $1C$, составит 1 А. Если же ток разряда соответствует $0,5C$, то для данной батареи он составит 0,5 А.

По существу, термин «емкость аккумулятора» означает величину тока разряда, при котором полностью заряженная аккумуляторная батарея разрядится до напряжения конца разряда за 1 ч. Поэтому, зная емкость аккумулятора и ток нагрузки можно

примерно рассчитать время работы нагрузки, если емкость разделить на ток:

$$t = \frac{C}{I_n}.$$

Емкость батареи обычно определяют при помощи анализатора батарей, который отображает ее значение в процентах. Например, если батарея емкостью 1000 мА·ч разряжается током 1000 мА за 1 ч, то ее емкость равна 100 %, а если при том же токе нагрузки она разрядится за 30 мин, ее емкость составит, соответственно, 50 %. Иногда при измерении емкости новых батарей она составляет более 100 %, и это нормально. Такое случается, когда производитель искусственно занижает паспортную емкость. Ну, а потребитель от этого не в убытке!

Разряжая батарею при помощи анализатора, который позволяет устанавливать различные значения тока разряда, можно заметить, что его показания выше при токе разряда меньшей величины. При разряде батареи емкостью 1000 мА·ч током 2С (или 2000 мА) анализатор через 30 мин. покажет значение полной емкости. Теоретически, при ее разряде меньшим током, т. е. при более длительном разряде, его показания меняться не должны. Однако если ту же батарею разряжать током 0,5С в течение 2 ч, анализатор покажет, что ее емкость составляет 103 %. Это происходит из-за различной скорости протекания химических процессов в батарее при различных токах нагрузки.

Различие в показаниях анализатора при различных токах нагрузки сильно зависит от величины внутреннего сопротивления батареи. Для новых батарей с хорошей нагрузочной характеристикой и малым внутренним сопротивлением такое различие составит всего лишь несколько процентов, а для старых с высоким внутренним сопротивлением — $\pm 10\%$ и более.

Существует всего один тип батарей, емкость которых не измеряется при токе разряда, равном 1С. Это свинцово-кислотные батареи. Для определения их емкости производители рекомендуют разряд током 0,05С в течение 20 ч. При таком медленном разряде точно определить емкость батареи довольно трудно. Если же определять емкость свинцово-кислотной батареи при токе разряда 0,2С в течение 5 ч, то показания анализатора будут более низкими, чем в первом случае. Чтобы как-то привести в

порядок возможные разноточения емкости, производители сами определяют пределы ее возможных отклонений.

Литий-ионные и литий-полимерные батареи имеют встроенную защиту от сильных токов разряда. В зависимости от типа батареи, верхний предел тока разряда определяется на уровне 1С или 2С. Из-за наличия защиты литий-ионные батареи не используют для питания медицинского оборудования, электроинструмента и мощных радиостанций, — для их питания применяют старые добрые никель-кадмиевые аккумуляторные батареи.

7.2. Глубина разряда

Типовое значение напряжения конца разряда никель-кадмиевых батарей составляет 1 В на элемент. Такая величина напряжения свидетельствует о том, что аккумулятор отдал 99 % своей энергии, и при дальнейшем разряде напряжение быстро снизится до нуля. Разряда батареи ниже напряжения конца разряда всегда следует избегать, особенно если она питает мощную нагрузку.

Ни в одной батарее элементы не согласованы идеально. Можно говорить лишь о большей или меньшей степени их согласования. Если разряд батареи будет продолжаться после достижения напряжения конца разряда, на наиболее «слабых» ее элементах может произойти переполюсовка напряжения, другими словами, плюс станет минусом, а минус — плюсом. И чем больше элементов в батарее соединено последовательно, тем больше шанс, что это случится.

Переполюсовка элементов никель-кадмиевых батарей может происходить при снижении напряжения на них менее 0,2 В. При этом переполюсовка происходит на аноде (т. е. потенциал анода становится ниже потенциала катода). В таком состоянии элемент может находиться недолго, поскольку этот процесс связан с выделением водорода у анода. По мере увеличения внутрикорпусного давления наступит момент принудительной вентиляции, и в результате сработает предохранительный клапан. Однако если дальнейший разряд батареи не будет прекращен, произойдет переполюсовка обоих его электродов. Ее результатом станет короткое замыкание элемента (в замкнутой цепи к нему будет приложено напряжение других элементов аккумуляторной бата-

реи). Подобную неисправность можно устранить только заменой батареи на новую. Старая к дальнейшей эксплуатации будет непригодна.

При разряде батареи, подключенной к анализатору емкости, ток разряда контролируется им автоматически, не допуская выхода его значений за безопасные пределы. Если произойдет переплюсовка элемента внутри батареи, ток разряда уменьшится настолько, что ее выхода из строя не произойдет. Описанный выше пробой будет возможен только тогда, когда батарея или очень изношенная, или старая.

Если ток разряда превышает значение $1C$, напряжение конца разряда большинства никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батарей составляет $0,9$ В на элемент. Причиной является повышенное падение напряжения на внутреннем сопротивлении элемента, проводах, устройстве защиты и контактах батарей. Кроме того, установка более низкого напряжения конца заряда на элементе обеспечивает лучшую работу батареи при низких температурах.

Рекомендуемое напряжение конца разряда герметичных свинцово-кислотных батарей принято считать равным $1,75$ В на элемент. Если для никель-кадмиевых батарей предпочтительна плоская кривая напряжения при разряде, при разряде свинцово-кислотных наблюдается резкий спад напряжения в начале разряда и быстрый спад — в его конце (рис. 7.1). Хотя такое характерное явление считается недостатком, по уровню напряжения в процессе разряда можно определить степень заряда батареи. Однако показания напряжения меняются при изменении сопротивления нагрузки настолько, что точным такой способ определения степени заряда не назовешь.

Для свинцово-кислотных батарей считается допустимым:

- 150...200 циклов полного разряда (глубина разряда 100 %);
- 400...500 циклов 50 % разряда (глубина разряда 50 %);
- 1000 и более циклов частичного разряда (глубина разряда 30 %).

Следует отметить, что в процессе нормальной эксплуатации допустим разряд на 60 % батарей с гелевым электролитом и на 80 % — с жидким.

Свинцово-кислотные батареи нельзя ни разряжать до уровня напряжения ниже $1,75$ В на элемент, ни хранить в разряженном состоянии. Если это предостережение нарушить, произойдет сульфат-

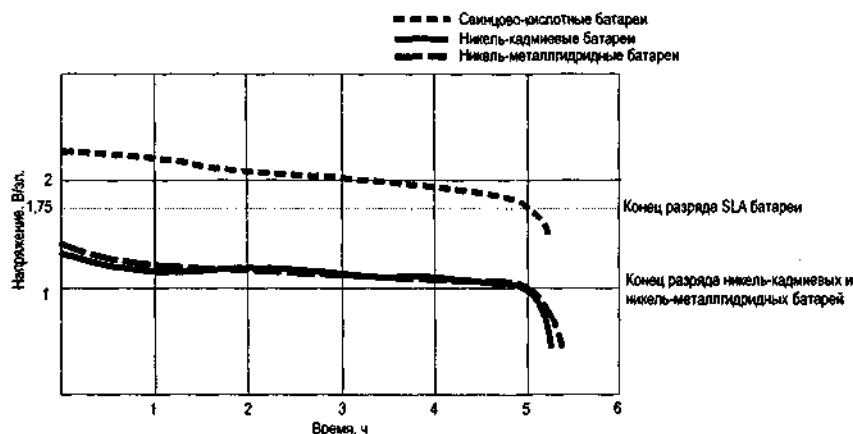


Рис. 7.1. Характеристики разряда никель-кадмиевых и свинцово-кислотных батарей

тация пластин элементов батарей, и если батарея будет находиться в разряженном состоянии несколько дней, это приведет к ее выходу из строя, непригодности к дальнейшей эксплуатации.

Напряжение конца разряда литий-ионных батарей составляет 3 В на элемент, а для батарей, в состав которых входит марганец и кокс — 2,5 В на элемент. Поскольку на практике трудно узнать, имеются ли в составе батареи эти элементы, напряжение отсечки в большинстве оборудования устанавливают равным 3 В на элемент батареи питания.

Не следует слишком сильно разряжать литий-ионные батареи: их разряд ниже напряжения 2,5 В на элемент приведет к отключению схемы защиты. Не каждое зарядное устройство способно зарядить батарею, разряженную до такой степени!

Некоторые литий-ионные батареи имеют очень низкое напряжение отсечки — 1,5 В на элемент, по достижении которого происходит их отключение. Такая мера предосторожности приводит к недопущению перезарядки батареи, если напряжение на ней меньше минимально допустимого. Слишком глубокий ее разряд приводит к образованию медного шунта, что может привести к частичному или общему электрическому замыканию. То же самое может произойти, если к элементу будет приложено напряжение обратной полярности в течение некоторого промежутка времени.

Полностью разряженную литий-ионную батарею можно зарядить током заряда 0,1С. Заряд батареи, в которой сформировался медный шунт, током величиной 1С приведет к ее резкому нагреву. Такие батареи следует изымать из обращения.

Слишком глубокий разряд батареи таит в себе еще одну проблему. Дело в том, что до сих пор рассматривались вопросы, связанные с разрядом батарей без учета влияния на этот процесс устройства — потребителя энергии. А ведь порог отключения питания портативного устройства при снижении напряжения батареи оказывает важное влияние на степень ее разряда, особенно, если напряжение отсечки узла отключения батареи и такого устройства не согласованы.

Цифровые устройства являются особенной нагрузкой для аккумуляторных батарей. Моментальная импульсная нагрузка может привести к резкому падению напряжения на батарее, значение которого может пересечь границу отсечки. Особенно уязвимы к таким нагрузкам батареи с относительно высоким внутренним сопротивлением. Если такую батарею разрядить при помощи анализатора на нагрузку постоянного тока до напряжения отсечки, то она будет иметь довольно высокую остаточную емкость.

Для большинства аккумуляторных батарей более предпочтителен частичный, нежели полный разряд. Повторяющийся полный разряд приводит к снижению емкости батареи. Наиболее противопоказан такой разряд свинцово-кислотным батареям. Для повышения их устойчивости к последствиям полного разряда в отдельных типах таких батарей применяют специальные химические добавки.

Подобно свинцово-кислотным, литий-ионные батареи «предпочитают» разряд не более чем на 50 %. При таком разряде их ресурс может составлять до 1000 циклов заряд/разряд. Кроме режима разряда, на него влияет и процесс старения, который абсолютно не зависит от того, используется батарея или находится на хранении.

На работу никель-кадмиевых батарей повторяющиеся циклы полного разряда оказывают незначительное влияние. В целом за срок службы они допускают несколько тысяч циклов заряд/разряд. Именно поэтому батареи данного типа нашли широкое применение в качестве источников питания радиостанций и электроинструмента. Никель-металлогидридные батареи в отли-

чие от никель-кадмиевых не обеспечивают большого количества циклов глубокого разряда.

7.3. Импульсный разряд

Из-за происходящих в батареях химических процессов, они по-разному реагируют на различный характер нагрузок. Токи разряда могут иметь различные значения: низкие или умеренные — для осветительных фонарей, средние — для электроинструмента, высокие импульсного характера — для цифрового коммуникационного оборудования, высокие непрерывные — для электротранспорта. В батареях происходят химические реакции превращения одних веществ в другие. Скорость их протекания в основном определяет нагрузочные характеристики батарей. Она выше в литий-ионных, никель-кадмиевых и никель-металлгидридных батареях, ниже — в свинцово-кислотных. Поэтому батареи каждого типа имеют разные нагрузочные характеристики.

Свинцово-кислотные батареи лучше всего работают при медленном 20-часовом разряде. Хорошо они переносят и импульсный разряд, поскольку между импульсами разрядного тока имеются промежутки для «отдыха». По мере приближения тока разряда к значению $1C$ эффективность свинцово-кислотных батарей ухудшается.

Различные методы разряда аккумуляторных батарей по-разному влияют на срок их службы. Если никель-кадмиевые и литий-ионные батареи более терпимы к импульсному разряду, то срок службы никель-металлгидридных батарей, применяемых для питания цифровой нагрузки, существенно снижается.

В ходе изучения влияния характера нагрузки на срок службы никель-металлгидридных батарей идентичные по параметрам батареи разряжали на аналоговую и цифровую нагрузку. В обоих случаях разряд осуществлялся до напряжения 1,04 В на элемент. Ток разряда при питании аналоговой нагрузки составлял 500 мА. В качестве цифровой нагрузки был использован мобильный телефон стандарта GSM, который на передачу потреблял ток импульсами величиной 1,5 А, длительностью 567 мкс и частотой следования 4,61 мс. Ток, потребляемый в паузах, составлял 200 мА. Это стандартный режим работы мобильного телефона стандарта GSM на передачу (рис. 172).

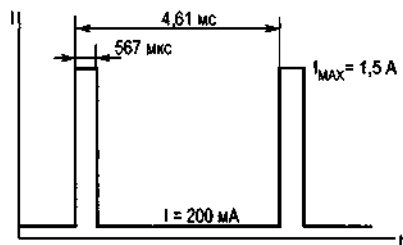


Рис. 7.2. Форма потребляемого тока мобильного телефона стандарта GSM в режиме передачи

При работе на аналоговую нагрузку никель-металлгидридная батарея показала средние результаты по сроку службы. При снижении емкости до 80 % ее ресурс составил 700 циклов заряд/разряд. Работая на цифровую нагрузку, она показала совершенно другие результаты. Емкость батареи снизилась до 80 % уже через 300 циклов заряд/разряд.

В области средств подвижной связи наметилась устойчивая тенденция перехода от аналоговых стандартов к цифровым. Количество только абонентов мобильной связи стандарта GSM в России перешагнуло 14-миллионный порог и продолжает расти. Кроме стандарта GSM в нашей стране используются и другие: в сотовой связи — CDMA, NMT-450i, DAMPS, в многопользовательских сетях транковой связи — Tetra. В табл. 7.1 для сравнения приведены нагрузочные характеристики средств связи аналоговых и цифровых стандартов.

Таблица 7.1

Характеристики	Радиостанции		Мобильные телефоны	
	обычные	транковые (Tetra)	GSM	CDMA
Стандарт	аналоговый	цифровой	цифровой	цифровой
Пиковая мощность передающего устройства, Вт	2...4	1 или 3	1...2	0,2
Пиковый потребляемый ток, А	до 1,5	1 или 3	1...2,5	0,7

Для питания мобильных телефонов используют аккумуляторные батареи двух типов: никель-металлгидридные и литий-ионные. Какие же из них наиболее предпочтительны? Никель-металлгидридные батареи, пока новые, имеют прекрасные

характеристики. Однако уже через 300 циклов заряд/разряд они начинают быстро ухудшаться: снижается емкость и увеличивается внутреннее сопротивление. Как было отмечено в гл. 2, им, как и никель-кадмиевым батареям, свойственен эффект памяти, хотя он менее выражен. Поэтому необходимо хотя бы один раз в месяц «тренировать» батарею: полностью разрядить, а затем снова немедленно зарядить. Это не добавляет удобств пользователю сотовой связи. Нельзя оставлять никель-металлгидридные батареи на длительное время подключенными к зарядному устройству.

В отличие от них, литий-ионные аккумуляторы имеют более высокую энергетическую плотность, меньшие габариты и вес, не требуют проведения контрольно-тренировочных циклов для восстановления емкости. Для них не требуется режим струйной подзарядки, поэтому они могут быть подключены к зарядному устройству сколь угодно долго. Однако литий-ионные батареи подвержены старению независимо от того, используются ли они или находятся на хранении. Из табл. 7.2 видно, что для питания мобильных телефонов они предпочтительнее никель-металлгидридных. Главное здесь — при покупке проверить дату выпуска литий-ионного аккумулятора (см. приложения), которая, к сожалению, явно не указывается. Она кодируется буквенно-цифровым кодом.

Таблица 7.2

Характеристика	Тип батареи	
	Литий-ионная, 3,6 В	Никель-металлгидридная, 3,6 В
Энергетическая плотность, Вт·ч/эл.	6,5	5,5
Среднее значение внутреннего сопротивления, мОм	150...250	200...300
Саморазряд в месяц, %	10	30
Максимальный срок службы	2 года или 500 циклов	500 циклов

Емкость аккумуляторных батарей для мобильных телефонов составляет 500...800 А·ч. Это значит, что разрядный ток может достигать величины 3С, т. е. трехкратной емкости. Особенно-стью работы мобильных телефонов является то, что они всегда работают минимально необходимой мощностью. Другими словами, если абонент находится недалеко от базовой станции, эта

мощность мала, а если на предельном расстоянии, — то она максимальна. Аппарат сам подстраивает уровень выходной мощности в зависимости от силы принимаемого сигнала и делает это ступенями. Отсюда выводы: разрядный ток аккумулятора может достигать значения $3C$ при наихудших условиях связи; время непрерывной работы мобильного телефона в режиме разговора — величина относительная. На рис. 7.3 и 7.4 представлены разрядные характеристики никель-металлгидридных и литий-ионных аккумуляторов при значениях тока разряда $1C$, $2C$ и $3C$.

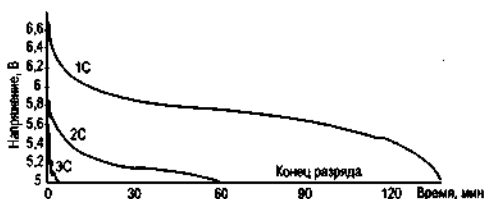


Рис. 7.3. Разрядные характеристики никель-металлгидридной батареи мобильного телефона

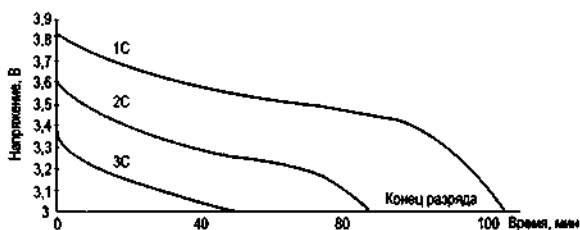


Рис. 7.4. Разрядные характеристики литий-ионной батареи мобильного телефона

7.4. Разряд при низких и высоких температурах

Лучше всего батареи функционируют при комнатной температуре. Работа при повышенной температуре окружающей среды приводит к существенному сокращению срока их службы. В условиях высоких температур улучшаются характеристики литий-ионных батарей: повышенные температуры временно препятствуют снижению их внутреннего сопротивления, которое является результатом старения. Однако такое благо кратковременно, т. к. повышенные температуры одновременно способст-

вуют ускорению процессов старения и дальнейшего увеличения внутреннего сопротивления.

Из всех типов батарей исключением являются литий-полимерные батареи с сухим электролитом. Чем выше температура окружающей среды, тем лучше в них происходят ионообменные процессы. Такие батареи устойчиво работают при температурах 60...100 °С. Они нашли широкое применение в странах с жарким климатом. Часто конструкция литий-полимерных батарей предусматривает систему внутреннего подогрева, работа которой основана на принципе накопления тепла, выделяющегося при питании нагрузки. Корпус таких батарей имеет хорошую теплоизоляцию для снижения потерь тепла. Часто в странах с жарким климатом в источниках резервного электропитания вместо свинцово-кислотных батарей используют литий-полимерные. Единственное, что сдерживает применение последних — их высокая цена.

Срок службы никель-металлгидридных батарей при работе в условиях высоких температур существенно ниже, чем при нормальной температуре. Оптимальной для их работы считается температура 20 °С. Периодические заряд и разряд таких батарей при высоких температурах приводит к необратимому существенному снижению их емкости. Например, при работе в условиях 30-градусной жары срок их службы сократится на 20 %, при температуре 40 °С — на 40 %, а при 45 °С — уже на 50 %. Никель-кадмиевые батареи тоже «не любят» высоких температур, но это свойство у них выражено не столь ярко.

При работе в условиях низких температур емкость батарей существенно снижается. При температуре -20 °С никель-металлгидридные, герметичные свинцово-кислотные с гелевым электролитом и литий-ионные батареи прекращают функционировать, а вот никель-кадмиевые батареи могут работать при температурах вплоть до -40 °С, однако ток разряда при этом не должен превышать 0,2С при 5-часовом разряде. В настоящее время созданы литий-ионные батареи, способные работать при температурах до -40 °С.

Не следует забывать о том, что если аккумуляторная батарея работает в условиях низких температур, то это совсем не значит, что и заряжать ее можно в таких условиях. При низкой температуре ее способность накапливать электрический заряд резко снижается. Для того чтобы зарядить аккумуляторную батарею,

необходимо, как минимум, чтобы ее температура была выше температуры замерзания электролита. При более низких температурах возможна подзарядка только никель-кадмиевых батарей током заряда величиной не более 0,1С.

7.5. Принципы расчета батарей

Исходными величинами для расчета батареи является напряжение и ток нагрузки, а также время ее работы от аккумуляторной батареи. Необходимое напряжение аккумуляторной батареи должно соответствовать напряжению питания нагрузки. Количество элементов батареи рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{эл}}},$$

где $U_{\text{н}}$ — напряжение нагрузки; $U_{\text{эл}}$ — напряжение заряженного элемента батареи, которое составляет 1,2 В для никель-кадмиевых и никель-металлгидридных, 2,1 В — для свинцово-кислотных и 3,6 В — для литий-ионных аккумуляторов.

Иногда мощность нагрузки выражается в вольт-амперах (ВА). В этом случае действительную мощность можно рассчитать по формуле:

$$P_{(\text{Вт})} = \frac{P_{(\text{ВА})}}{\text{КПД}}.$$

При выборе емкости батареи следует учитывать тип нагрузки, режим работы батареи и время непрерывной работы при питании нагрузки от полностью заряженной батареи. Например, для питания электрического фонаря, лампочка которого на напряжение 3,6 В потребляет ток 200 мА можно использовать никель-кадмиевые или никель-металлгидридные типоразмеров ААА, АА, С, D. Если использовать три аккумулятора типоразмера D, обеспечивающие при последовательном включении напряжение 3,6 В и имеющие емкость 1,8 А·ч, то время непрерывной работы фонаря составит:

$$t = \frac{1,8}{0,2} = 9 \text{ (ч)}.$$

rusautomobile.ru

В данном случае на первый взгляд не учитывается, что лампочка в фонаре, например, не будет светить при напряжении менее 2,5 В. Однако это не совсем так. Благодаря почти плоской кривой разряда никель-кадмиевых аккумуляторов (рис. 7.5) в данном случае снижением емкости до порога, при котором устройство прекращает работать, можно пренебречь.

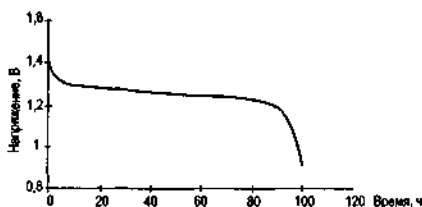


Рис. 7.5. Разрядная характеристика никель-кадмиевого аккумулятора

При использовании свинцово-кислотной батареи в источнике бесперебойного питания персонального компьютера учитывают мощность нагрузки и время ее работы от ИБП. Чаще всего нагрузка представляет собой системный блок компьютера мощностью 200...300 Вт и монитор, потребляющий 130...250 Вт. Время непрерывной работы ИБП должно составлять 5...15 мин. Такое время выбирают для того, чтобы при пропадании напряжения сети переменного тока можно было корректно завершить работу и выключить компьютер, а также защитить его от сбоев при кратковременном пропадании напряжения сети или его скачках. Кроме аккумуляторов ИБП должен иметь блок преобразователя напряжение постоянного тока 6...12 В в напряжение переменного тока 220 В (DC/AC преобразователь), зарядное устройство для подзарядки батареи при работе в режиме холостого хода и схему управления, которая обеспечивает мгновенное переключение нагрузки на резервный источник питания при пропадании напряжения основного источника. Из этих требований видно, что емкость аккумуляторов для ИБП небольшой мощности может быть невысокой.

При необходимости получить требуемое напряжение нагрузки аккумуляторы или аккумуляторные батареи соединяют последовательно (рис. 7.6). При таком соединении напряжение батарей равно сумме напряжений всех ее элементов, а емкость соот-

ветствует емкости одного аккумулятора или батареи. Естественно, что все аккумуляторы при соединении их в батарею должны быть однотипными, иметь одинаковую емкость и, желательно, дату выпуска.

При необходимости добиться требуемой емкости, аккумуляторы или батареи аккумуляторов соединяют в батарею параллельно (рис. 7.7). При этом ее общая емкость равна сумме емкостей всех параллельных ветвей. Для того чтобы исключить отрицательное влияние ветвей друг на друга, используют развязывающие диоды как по цепи заряда, так и по цепи нагрузки (рис. 7.8).

Элементы или батареи

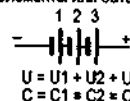


Рис. 7.6. Последовательное соединение аккумуляторов в батарею

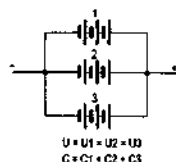


Рис. 7.7. Параллельное соединение аккумуляторных батарей

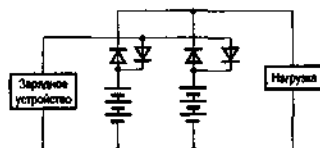


Рис. 7.8. Развязка ветвей аккумуляторной батареи при помощи диодов

При подборе диодов следует учитывать, что прямой ток диодов в цепи заряда должен быть не менее максимально возможного тока заряда ветви батареи, а прямой ток диодов в цепи разряда — не менее максимального тока нагрузки. Обратное напряжение диодов должно иметь величину не менее $1,5 \cdot U_H$.

Количество параллельных ветвей аккумуляторных батарей, объединяемых в систему питания, ограничено, и чем больше в ветви количество последовательно соединенных батарей, тем меньше параллельных соединений допускается (табл. 7.3).

При необходимости расчета мощного источника резервного питания исходными величинами для расчета являются: мощность нагрузки, время резерва (автономного питания), напряжение нагрузки, напряжение конца разряда батареи. Например, необходимо рассчитать параметры батареи для нагрузки мощностью 5,3 кВт, требующей 30-минутного резерва и работающей от источника напряжением 204 В.

Таблица 7.3

Напряжение системы питания, В	Допустимое количество параллельных ветвей	Общее количество используемых 12-вольтовых батарей
12	12...16	12...16
24	10...12	20...24
48	8...10	32...40
120	6...8	60...80
240	4...6	80...120
360	4...6	120...180
480	4	160

Порядок расчета следующий:

1. Рассчитываем необходимое количество элементов:

$$N = \frac{U_{\text{бат}}}{U_{\text{эл}}} = \frac{268}{2,33} = 120,17 \text{ или округленно — } 120.$$

2. Принимаем решение, какие блоки (батареи) будем использовать. Выбор — 3- или 6-элементные батареи на 6 или 12 В соответственно. Будем использовать 12-вольтовые блоки (батареи). Их необходимое количество составит:

$$N_{\text{бл}} = \frac{N}{N_{\text{эл.бл}}} = \frac{120}{6} = 20.$$

3. Рассчитываем напряжение конца разряда элемента:

$$U_{\text{к.р}} = \frac{U_{\text{мин.бат}}}{N} = \frac{204}{120} = 1,7 \text{ (В)}.$$

4. Рассчитываем емкость батарей. Для этого по табл. 7.3 определяем коэффициент K и рассчитываем емкость по формуле:

$$C = \frac{P_{\text{нагр}}}{N \cdot K} = \frac{5300}{120 \cdot 1,872} = 23,56 \text{ (А·ч)}.$$

5. По результатам расчетов выбираем тип батареи. Она должна быть 12-вольтовой на емкость 24 А·ч. Всего используем 120 таких батарей, соединенных последовательно.

Это упрощенный вариант расчета. Дополнительные поправки могут потребоваться, если батарея будет работать при температуре, отличающейся от комнатной или в широком диапазоне температур. Емкость аккумуляторов от температуры зависит нелинейно. На рис. 7.9 приведены характеристики такой зависимости для свинцово-кислотных аккумуляторов. Для сравнения там же изображена характеристика зависимости емкости никель-кадмиевых аккумуляторов.

Таблица 7.4

Напряжение конца разряда, В/эл.	Величина коэффициента К при времени резерва (автономной работы)												
	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин	25 мин	30 мин	35 мин	40 мин	45 мин	60 мин	2 ч	3 ч	5 ч
1,60	5,421	3,884	3,074	2,554	2,211	1,943	1,767	1,621	1,490	1,201	0,721	0,524	0,346
1,63	5,303	3,864	3,016	2,533	2,191	1,938	1,747	1,611	1,471	1,198	0,716	0,521	0,343
1,65	5,268	3,806	2,984	2,513	2,178	1,914	1,748	1,602	1,458	1,194	0,713	0,518	0,341
1,67	5,173	3,140	2,952	2,503	2,159	1,895	1,728	1,589	1,445	1,186	0,708	0,515	0,339
1,69	5,056	3,712	2,922	2,477	2,128	1,881	1,705	1,580	1,432	1,174	0,704	0,513	0,337
1,70	4,945	3,632	2,907	2,467	2,116	1,872	1,702	1,567	1,422	1,171	0,700	0,511	0,335
1,75	4,692	3,551	2,822	2,372	2,048	1,819	1,648	1,517	1,373	1,151	0,682	0,496	0,326
1,80	4,493	3,389	2,559	2,272	1,964	1,754	1,579	1,444	1,318	1,086	0,658	0,478	0,314
1,85	4,130	3,163	2,526	2,144	1,857	1,655	1,482	1,350	1,240	1,023	0,622	0,459	0,300

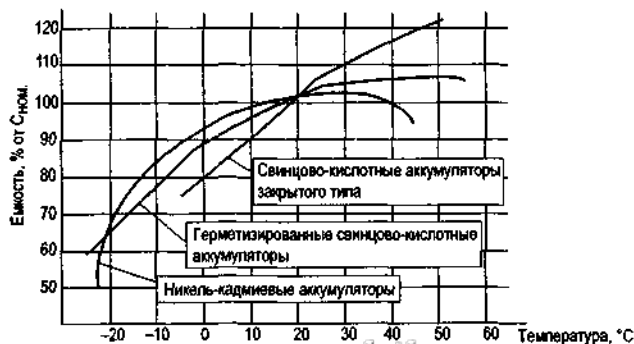


Рис. 7.9. Зависимость от температуры емкости аккумуляторами

8.1. Общие принципы построения зарядных устройств

Если рассматривать зарядные устройства, не учитывая типа аккумуляторов или аккумуляторных батарей, для заряда которых они предназначены, для них можно сформировать общие требования:

- источник питания зарядного устройства должен обеспечивать достаточные выходные напряжение и ток;
- зарядное устройство должно обеспечивать ручную установку или автоматическую регулировку напряжения и тока заряда; для некоторых типов аккумуляторов их значения должны быть стабилизированы в пределах допусков;
- автоматические зарядные устройства должны иметь основную и дублирующие схемы отключения батареи по окончании заряда;
- должны быть предусмотрены устройства защиты от короткого замыкания, перегрева аккумуляторной батареи.

Построение схемы простейшего зарядного устройства зависит от принципов заряда, которых, в общем, два: ограничение тока заряда и ограничение напряжения заряда. Принцип заряда с ограничением его тока применяется при заряде никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов, а принцип с ограничением напряжения заряда — при заряде свинцово-кислотных и литий-ионных аккумуляторов.

На рис. 8.1 изображена схема простейшего устройства для заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов. Оно состоит из источника питания, например, сетевого и реостата, при помощи которого выставляется начальный ток заряда. Выходное напряжение источника должно превышать на несколько вольт напряжение аккумуляторной батареи, а допустимый ток нагрузки должен быть не менее начального тока заря-

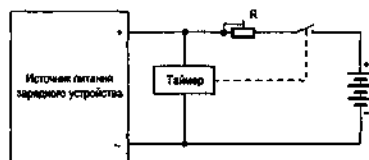


Рис. 8.1. Простейшее устройство для заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов

да. Таймер в этой схеме является вспомогательным устройством, предназначенным для прекращения заряда по истечении заданного времени (6...8 ч). Ток заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов выбирают равным $C/10$ для герметичных аккумуляторов, а для аккумуляторов старых типов с жидким щелочным электролитом — $C/4$. При заряде аккумуляторы можно соединять в батареи последовательно или параллельно. Соответственно в первом случае потребуется источник питания с выходным напряжением, превышающим суммарное напряжение последовательно соединенных аккумуляторов — $N \cdot 1,2$ (В), а во втором случае он должен обеспечивать выходной ток, равный суммарной величине тока заряда каждой ветви. Если производится заряд аккумуляторных батарей разной емкости, аккумуляторы одинаковой емкости должны быть сгруппированы в последовательные цепочки, и для каждой из них необходим свой реостат.

Простейшие зарядные устройства свинцово-кислотных аккумуляторных батарей требуют постоянного напряжения заряда. Раньше в качестве зарядных устройств чаще всего использовали сетевые блоки питания, выходное напряжение которых регулировалось ступенчато или плавно. В настоящее время в качестве простых зарядных устройств используют импульсные блоки питания или трансформаторные блоки питания со стабилизацией выходного напряжения.

Очень быстрое развитие электроники, совершенствование ее элементной базы привели к появлению специализированных микросхем зарядных устройств, способные автоматически обеспечить заряд аккумуляторной батареи по заданному алгоритму и предназначенные для заряда аккумуляторов любого типа. Кроме того, некоторые типы микросхем помимо заряда обеспечивают измерение емкости аккумулятора или аккумуляторной батареи и

степени ее разряда. В этой главе мы рассмотрим принципы схемотехнического построения современных зарядных устройств на основе наиболее простых микросхем, поскольку описания программируемых микросхем зарядных устройств по объему столь велики, что не представляется возможным привести их в данной книге.

Микросхемы зарядных устройств выпускают многие фирмы, мы же приведем описания некоторых микросхем двух компаний — Dallas/Maxim и Unitrode¹, входящей в группу компаний Texas Instruments. Продукция этих компаний хорошо знакома и доступна на российском рынке.

8.2. Зарядные устройства никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов

Несложные зарядные устройства можно реализовать на основе микросхем фирмы MAXIM MAX712 или MAX713. Микросхема MAX712 используется для скоростного заряда никель-кадмиевых аккумуляторов, а MAX713 — никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов. Напряжение источника питания зарядного устройства может составлять от нескольких вольт до нескольких десятков вольт. Главное, чтобы оно превышало максимальное напряжение подключенной аккумуляторной батареи из расчета не менее 1,5 В на элемент. Количество одновременно заряжаемых элементов программируется и может составлять от 1 до 16. Максимальный ток заряда — до 4С. Заряд прекращается по методу $-\Delta V/\Delta t$ или по пороговому значению температуры батареи.

На рис. 8.2, а показана простейшая схема линейного зарядного устройства, а на рис. 8.2, б — расположение выводов микросхем MAX712, MAX713. Зарядные устройства на основе MAX712, MAX713 могут работать или в линейном, или в импульсном режиме. Работа в импульсном режиме позволяет снизить рассеиваемую мощность на элементах (прежде всего на регулирующем транзисторе) зарядного устройства.

¹ Фирма Unitrode имеет свою торговую марку Benchmarq. Под этой маркой от компании Texas Instruments продаются многие ее микросхемы.

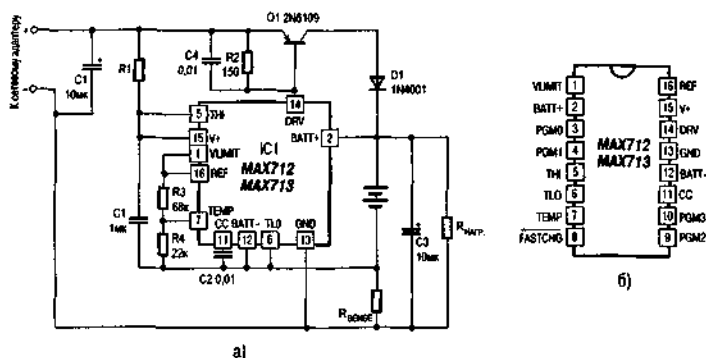


Рис. 8.2. Схема линейного зарядного устройства и расположение выводов микросхем MAX712, MAX713

Ток заряда аккумуляторной батареи определяется временем заряда: чем оно меньше, тем больше ток. Микросхемы MAX712, MAX713 обеспечивают минимальный ток заряда, равный $C/4$, что соответствует времени заряда 264 мин (более четырех часов). Ток скоростного заряда определяют из соотношения:

$$I_{FAST} = \frac{C}{t},$$

где C — емкость в мА·ч; t — время, ч; I_{FAST} — ток, А.

При работе в линейном режиме следует учитывать максимальную мощность рассеивания:

$$P_{РАСС.МАКС} = \frac{U_{ИСТ.МАКС} - U_{БАТ.МИН}}{I_{FAST}}.$$

Как для линейного, так и для импульсного режима работы максимальный потребляемый ток микросхемы через вывод V+ составляет 5...20 мА. Исходя из этого, рассчитывают сопротивление резистора R1:

$$R1 = \frac{U_{ИСТ.МИН} - 5В}{5mA}.$$

Сопротивление токочувствительного резистора R_{SENSE} определяют по формуле:

$$R_{SENSE} = \frac{0,25В}{I_{FAST}}$$

В данной формуле 0,25 В или 250 мВ — порог чувствительности напряжения прекращения заряда по методу $-\Delta V$.

Программирование зарядного устройства заключается в определенной комбинации включения выводов PGM0 и PGM1 для программирования числа элементов батареи (табл. 8.1) и выводов PGM2, PGM3 — для программирования максимального времени (а значит и тока!) заряда (табл. 8.2).

Таблица 8.1

Кол-во элементов	Точка подключения выв. PGM1	Точка подключения выв. PGM0
1	V+	V+
2	Не подкл.	V+
3	REF	V+
4	BATT-	V+
5	V+	Не подкл.
6	Не подкл.	Не подкл.
7	REF	Не подкл.
8	BATT-	Не подкл.
9	V+	REF
10	Не подкл.	REF
11	REF	REF
12	BATT-	REF
13	V+	BATT-
14	Не подкл.	BATT-
15	REF	BATT-
16	BATT-	BATT-

Таблица 8.2

Макс. время заряда, мин	Прекращение заряда по методу $-\Delta V$	Точка подключения выв. PGM3	Точка подключения выв. PGM2
22	Откл.	V+	Не подкл.
22	Вкл.	V+	REF
33	Откл.	V+	V+

Продолжение табл. 8.2

Макс. время заряда, мин	Прекращение заряда по методу $-\Delta V$	Точка подключения выв. PGM3	Точка подключения выв. PGM2
33	Вкл.	V+	BATT-
45	Откл.	Не подкл.	Не подкл.
45	Вкл.	Не подкл.	REF
66	Откл.	Не подкл.	V+
66	Вкл.	Не подкл.	BATT-
90	Откл.	REF	Не подкл.
90	Вкл.	REF	REF
132	Откл.	REF	V+
132	Вкл.	REF	BATT-
180	Откл.	BATT-	Не подкл.
180	Вкл.	BATT-	REF
264	Откл.	BATT-	V+
264	Вкл.	BATT-	BATT-

Кроме того, вариант подключения вывода PGM3 определяет значение тока компенсирующего заряда по окончании скоростного (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Точка подключения выв. PGM3	Величина тока скоростного заряда	Величина тока компенсирующего заряда
V+	4C	$I_{\text{FAST}}/64$
Не подкл.	2C	$I_{\text{FAST}}/32$
REF	C	$I_{\text{FAST}}/16$
BATT-	C/2	$I_{\text{FAST}}/8$

На рис. 8.3 изображена схема импульсного (ключевого) зарядного устройства на основе микросхем MAX712, MAX713. В данном случае вывод СС усилителя ошибок используется как компаратор. В отличие от линейного зарядного устройства напряжение источника питания для него выбирают из такого расчета, чтобы оно на 2 В превышало максимальное напряжение на

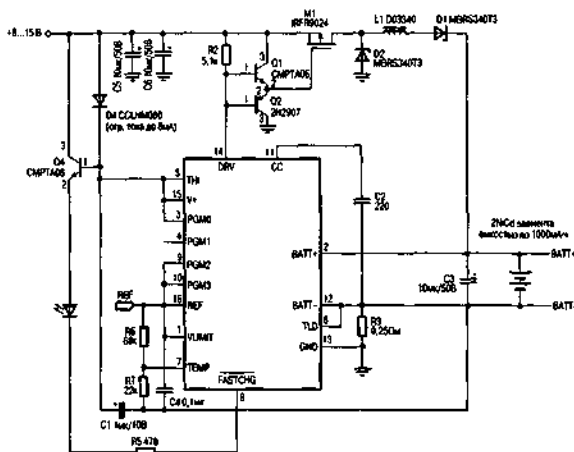


Рис. 8.3. Принципиальная схема импульсного зарядного устройства на основе MAX712, MAX713

элементе. Например, необходимо изготовить зарядное устройство на четыре никель-кадмиевых элемента. Напряжение конца заряда для них составляет 1,4 В. Напряжение источника выбирают из расчета $1,4 + 2 = 3,4$ В/элемент. С учетом того, что элементов четыре, напряжение источника питания должно быть не менее $3,4 \cdot 4 = 13,6$ В.

Приведенные выше схемы дают представление о том, насколько просто при наличии современной элементной базы можно изготовить зарядное устройство с высокими эксплуатационными характеристиками. На практике любая из этих схем, принятая за основу, «обрастает», добавляя зарядному устройству новые возможности, улучшая его и без того хорошие характеристики. Например, для того чтобы еще существенно снизить нагрев линейного зарядного устройства, используют ШИМ²-стабилизатор на основе сдвоенного таймера ICM7556. Вместо регулирующего транзистора можно включить микросхемы ключевого стабилизатора напряжения MAX726. Это позволит увеличить ток заряда импульсного зарядного устройства до 5 А. Если немного доработать схему и ввести в нее микросхему таймера ICM7555, транзисторный ключ и светодиод с гасящим резистором, несложно

² ШИМ — широтно-импульсная модуляция.

обеспечить индикацию заряда: в режиме быстрого заряда светодиод будет гореть непрерывно, а в режиме компенсирующего заряда мигать с заданной частотой.

Если зарядное устройство собирают «для себя» в кустарных условиях, достаточно приобрести необходимые детали, собрать и отладить устройство. Другое дело, если требуется изготовить серию подобных устройств или серии устройств с близкими характеристиками, но разными характеристиками. В этом случае значительно сэкономить время позволит выпускаемый той же фирмой, что и микросхемы зарядных устройств, комплект разработчика или, как его называют в иностранной литературе Development Kit, Evaluation Kit.

Такой комплект представляет собой готовую плату, на которой смонтированы детали зарядного устройства, установлены переключатели, позволяющие изменять его режимы работы. Комплекты могут выпускаться для одной микросхемы, а могут и для нескольких сходных по параметрам микросхем. На фото 8.1 показан комплект разработчика (Fast Charge Development System) DV2004L1 для создания зарядных устройств на основе микросхемы bq2004 — очень популярной у производителей электронной техники.

Почему так популярна bq2004? На основе этой микросхемы создают зарядные устройства скоростного заряда для никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей в основном используемых в бытовой и профессиональной технике подвижной связи, в других приложениях. Заряд в таких устройствах протекает в два этапа: скоростной заряд и после него выравнивающий или компенсирующий заряд. Величина зарядного тока программируется и может составлять от $C/4$ до $4C$. Но главное — очень четкое прекращение процесса заряда практически по всем возможным характеристикам заряда: по скорости нарастания температуры $\Delta T/\Delta t$, по пиковому напряжению на батарее, по кратковременному спаду напряжения $-\Delta V/\Delta t$, по максимальному напряжению, по максимальной температуре, по сигналу таймера. Однако и это не все! Микросхема bq2004 обеспечивает индикацию скоростного и компенсирующего заряда, а также принудительный контрольно-тренировочный цикл, для запуска которого необходимо один раз нажать на кнопку. Сразу после этого зарядное устройство полностью разрядит аккумуляторную батарею, а затем зарядит ее вновь. Это очень удобно, и

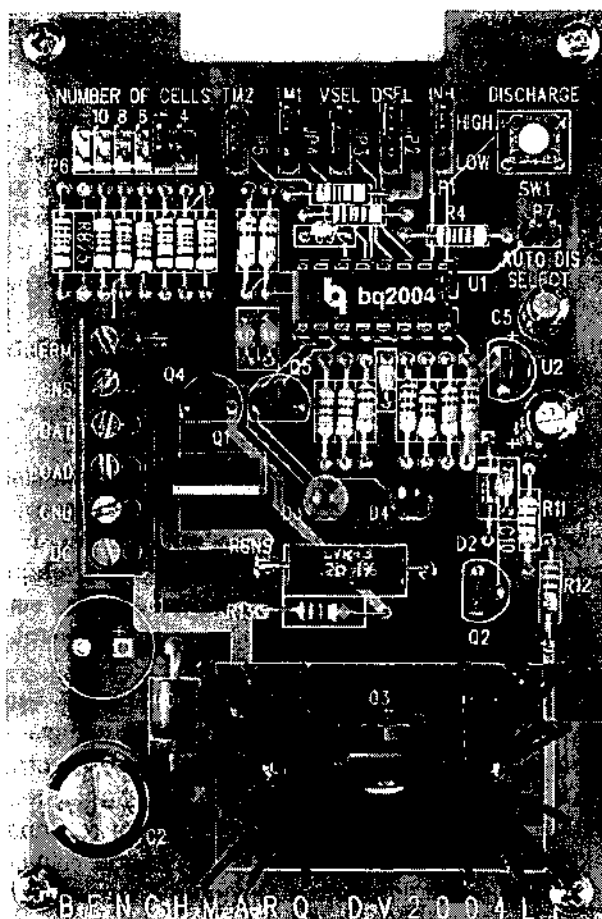


Фото 8.1. Плата из комплекта разработчика DV2004L1 для создания зарядных устройств на основе bq2004

даже неподготовленному пользователю будет несложно устранить последствия эффекта памяти. Микросхема bq2004 имеет модификации, которые незначительно отличаются по параметрам: bq2004, bq2004E, bq2004H.

Микросхемы bq2004 выпускаются в 16-выводных корпусах двух типов: DIP — для монтажа в отверстие и SOIC Narrow (SN) — для поверхностного монтажа. Расположение выводов показано на рис. 8.4. rusautomobile.ru

По выводу DCMD (Discharge-before-Charge Control Mode) происходит управление запуском контрольно-тренировочного цикла — глубоко заряда с последующим немедленным зарядом. Запуск осуществляется подачей на этот вывод отрицательного импульса. Он может быть принудительным, если между выводом и общим проводом включить, например, кнопку, а может быть и автоматическим, если этот вывод соединить непосредственно с общим проводом. В последнем случае при каждой установке аккумуляторной батареи на заряд она автоматически сначала будет разряжена, а по окончании цикла разряда немедленно заряжена.

По выводу DSEL обеспечивается управление индикацией — двумя светодиодами LED1 и LED2, подключаемыми к соответствующим выводам микросхемы, которые показывают состояние зарядного устройства. В зависимости от того, куда подключен вывод DSEL, можно включить один из трех режимов индикации (табл. 8.4).

По выводу VSEL производится выбор метода прекращения заряда. Если на нем высокий уровень — используется отключение батареи по достижении пикового напряжения. Если этот вывод не подключен, используется метод $-\Delta V$ заряда. Если же уровень на выв. DSEL низкий, то оба способа отключения батареи неактивны.

Установкой различных уровней на выводах TM1, TM2 программируются режимы работы таймеров, которые задают время быстрого заряда, время отключения по окончании заряда, время компенсирующего заряда (табл. 8.5).

По выводу TCO задается максимальное значение температуры батареи, при которой происходит прекращение цикла заряда. Это так называемая температура отсечки (Temperature Cut-off). Если потенциал между выводами TS и SNS меньше напряжения на входе TCO, процесс заряда — быстрого или выравнивающего — прекращается.

TS — вход для подключения термистора мониторинга температуры батареи.

BAT — вход контроля напряжения батареи относительно вывода SNS.

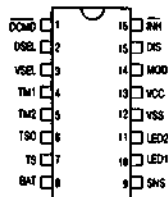


Рис. 8.4. Расположение выводов микросхемы bq2004

Таблица 8.4

Режим 1	Состояние зарядного устройства	LED1	LED2
DSEL соединен с общ. проводом (VSS)	Батарея не подключена	0	0
	Ожидание быстрого заряда или состояние разряда перед зарядом	1	1
	Быстрый заряд	0	1
	Заряд завершен, состояние компенсирующего заряда	1	0
Режим 2	Состояние зарядного устройства	LED1	LED2
DSEL не подключен	Батарея не подключена, идет быстрый заряд, или он завершен	0	0
	Ожидание быстрого заряда	1	0
	Идет разряд	0	1
	Идет компенсирующий заряд (струйная подзарядка)	1	1
Режим 3	Состояние зарядного устройства	LED1	LED2
DSEL соединен с полож. выв. ист. питания (VOC)	Батарея не подключена	0	0
	Ожидание быстрого заряда или состояние разряда перед зарядом	0	1/8 с – 1 1/8 с – 0
	Быстрый заряд	0	1
	Заряд завершен, состояние компенсирующего заряда	1	0

Таблица 8.5

Значение тока быстрого заряда	Уровни сигналов на выводах		Типовое время быстрого заряда, мин	Типовое время задержки после определения пикового напряжения или $-\Delta V$, с	Значение тока выравнивающего заряда	Значение импульсного тока компенсационного заряда	Частота импульсов тока компенсационного заряда, Гц
	TM1	TM2					
C/4	0	0	360	137	откл.	откл.	откл.
C/2	не подкл.	0	180	820	откл.	C/32	240
1C	1	0	90	410	откл.	C/32	120
2C	0	не подкл.	45	200	откл.	C/32	60
4C	не подкл.	не подкл.	23	100	откл.	C/32	30
C/2	1	не подкл.	180	820	C/16	C/64	120
1C	0	1	90	410	C/8	C/64	60
2C	не подкл.	1	45	200	C/4	C/64	30
4C	1	1	23	100	C/2	C/64	15

Вывод SNS представляет собой токоизмерительный вход цепи заряда. Изменение сигнала на этом выводе влияет на состояние выхода схемы управления зарядом MOD. Если вывод SNS соединить с общим проводом (VSS), на выходе MOD появится сигнал лог. 1, который инициализирует процесс заряда. Если же потенциал на выводе SNS возрастет, на выходе MOD будет сформирован сигнал лог. 0, который остановит процесс заряда. Одновременно потенциал на выводе SNS является опорным для выводов TS и BAT. На рис. 8.5, а, б показаны цепи мониторинга напряжения и температуры аккумуляторной батареи соответственно.

Сопротивление делителя напряжения RB1, RB2 должно составлять не менее 200 кОм и не более 1 МОм. При этом отношение сопротивлений резисторов должно быть равно:

$$\frac{RB1}{RB2} = \frac{N}{2} - 1,$$

где N — количество элементов в батарее.

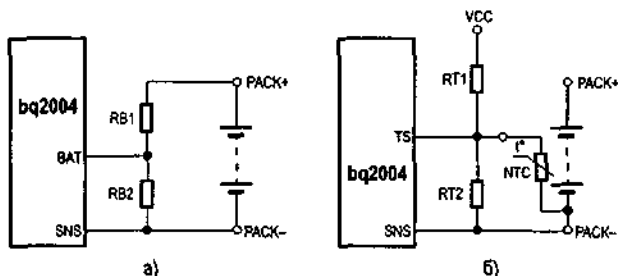


Рис. 8.5. Цепи мониторинга напряжения (а) и температуры (б) зарядного устройства на основе bq2004

В делитель напряжения $RT1$, $RT2$ цепи мониторинга температуры включен термистор с отрицательным ТКС³, который установлен внутри корпуса батареи, либо непосредственно соприкасается с элементами батарей в зарядном устройстве.

Соотношения между напряжениями в системе мониторинга определяется формулами:

$$V_{BAT} - V_{SNS} = V_{CELL};$$

$$V_{TS} - V_{SNS} = V_{TEMP}.$$

Если внимательно изучить характеристики микросхемы bq2004, то обращает на себя внимание значение максимального напряжения на элементе. Оно равно $0,8 \cdot VCC$ (В), а его допустимое отклонение по паспортным данным — всего $\pm 0,030$ В. Отсюда следует вопрос: а почему бы не использовать bq2004 в зарядном устройстве литий-ионных аккумуляторных батарей, ведь для них допуск напряжения заряда составляет $\pm 0,050$ В? На рис. 8.6 представлена схема универсального зарядного устройства, предназначенного для заряда как никель-кадмиевых и никель-металлгидридных, так и литий-ионных батарей.

Представленная схема зарядного устройства работает в ключевом режиме. К выводам BAT+ и BAT- подключают аккумуляторную батарею. Если батарея никель-металлгидридная, вывод SELC оставляют свободным. Если же требуется зарядить литий-ионную батарею, его соединяют с выводом BAT+.

³ ТКС — температурный коэффициент сопротивления.

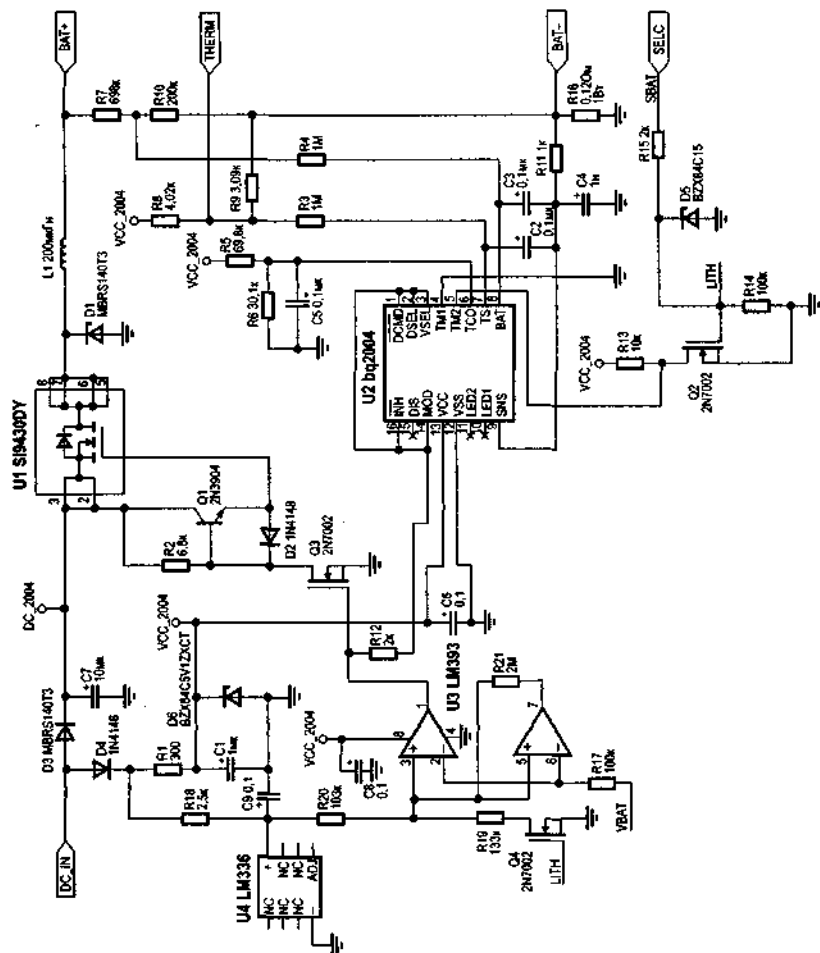


Рис. 8.6. Схема универсального зарядного устройства на основе микросхемы bq2004 (bq2004E)

Метод заряда никель-металлгидридных батарей — быстрый заряд с отключением по методу ΔT . Катушка L1 намотана на тороидальном сердечнике ST50-267 производства фирмы MICROMETALS и содержит 70 витков провода диаметром AWG22⁴. Начальное значение ее индуктивности — 3 мГн. При необходимости увеличить ток заряда индуктивность следует уменьшать. Частота переключения составляет около 30 кГц.

При заряде никель-металлгидридных батарей зарядное устройство сконфигурировано, чтобы обеспечить основной заряд током IC, а также выравнивающий заряд малым током по окончании основного с переходом в режим импульсной струйной подзарядки. В данном примере величина тока быстрого заряда выбрана равной 2,25 А. Зарядное устройство предназначено для заряда 9-элементной батареи. Порог ΔT -отключения определяется сопротивлением резисторов R8 и R9, а порог отключения по достижению аккумуляторами максимальной температуры — R5 и R6.

Для переключения зарядного устройства в режим заряда литий-ионной батареи, как было сказано выше, вывод SELC соединяют с выводом BAT+. В приведенном примере обеспечивается заряд литий-ионной батареи, состоящей из трех соединенных параллельно цепочек. Каждая цепочка состоит из трех последовательно включенных литий-ионных аккумуляторов. Начальный ток заряда ограничен до величины 1,9 А при напряжении заряда 4,225 В. При заряде графитовых литий-ионных элементов это напряжение при помощи резисторов R19, R20 следует уменьшить до 4,125 В. По окончании основного заряда следует 6-часовой перерыв (устанавливается по выводам TM1, TM2). После чего включается индикатор завершения заряда.

8.3. Контроль емкости никель-кадмиевых, никель-металлгидридных и литий-ионных аккумуляторов

Очень полезным дополнением для любого зарядного устройства является схема контроля емкости батареи. Эту функцию прекрасно выполняет специально разработанная для этих целей

⁴ AWG — American Wire Gauge — американский стандарт классификации обмоточных проводов.

микросхема bq2014. Она позволяет контролировать емкость как никель-кадмиевых и никель-металлгидридных, та и литий-ионных аккумуляторных батарей. Микросхема выпускается в 16-выводном корпусе для поверхностного монтажа SOIC Narrow. Перечислим все ее возможности:

- консервативное и периодическое измерение доступной емкости аккумуляторной батареи;
- выход управления зарядом позволяет дополнительно управлять контроллером зарядного устройства, например, bq2004;
- отображение емкости батареи посредством передачи данных через 1-проводной последовательный порт или непосредственно с помощью 5-сегментного светодиодного индикатора;
- компенсация тока заряда в зависимости от температуры окружающей среды;
- компенсация саморазряда батареи с использованием встроенного датчика температуры;
- программируемый пользователь порог прекращения зарядного цикла;
- возможность передачи данных о напряжении батареи, ее степени заряда, температуре и т. д., через 1-проводной последовательный порт;
- очень малое потребление в режиме ожидания — около 120 мкА.

Микросхема bq2014 может работать непосредственно с батареей из 3-4 элементов, а с дополнительным управляющим транзистором, подключенным к ее выводу REF — и с большим количеством элементов. Ее выводы SEG1—SEG5 являются одновременно входами для программирования различных установок: порога отключения батареи по окончании заряда, количества отсчетов, управления компенсацией саморазряда. При программировании те же выводы называются по-другому — PROG1—PROG5.

На рис. 8.7 показана схема типового зарядного устройства с устройством контроля емкости аккумуляторной батареи. Микросхема bq2014 сконфигурирована так, чтобы отображать относительную емкость батареи. При этом величина последней измеренной емкости принимается за состояние полностью заряженной батареи. Показания 5-сегментного индикатора отображают

Микросхема bq2014 обеспечивает мониторинг токов заряда и разряда, измеряя падение напряжения на токочувствительном резисторе R16. При этом в измерительной цепи обязательно использование фильтра R1C1. Одновременно с мониторингом токов, микросхема обеспечивает контроль потенциала на элементе батареи через вывод SB. Величина потенциала определяется соотношением сопротивлений резисторов делителя R2R3:

$$\frac{R2}{R3} = \frac{N}{2} - 1.$$

Его контроль необходим для формирования сигналов конца разряда (два значения: первое — сигнал предупреждения при напряжении на элементе 1,05 В, второе — полный разряд батареи при напряжении 0,95 В), максимального напряжения на элементе батареи и ее отсутствия в зарядном устройстве.

bq2014 обеспечивает контроль температуры окружающей среды и в зависимости от этого корректирует токи заряда и разряда. Такая коррекция происходит пошагово при изменении температуры на каждые 10 °С в пределах от -35 до +85 °С. Коэффициент коррекции определяется температурой среды по формуле:

$$K = 1,00 + 0,05 \cdot N,$$

где N — количество ступеней по 10 °С ниже температуры 10 °С. Например, при температуре 0...10 °С $K = 0$, при -10...0 °С $K = 1,10$ и т. д.

При температуре 10...40 °С для быстрого заряда $K = 0,95$, для компенсирующего заряда $K = 0,80$. При температуре выше 40 °С для быстрого заряда $K = 0,90$, для компенсирующего заряда $K = 0,75$.

По окончании заряда на выходе DONE формируется сигнал лог. 1, обеспечивающий переход в режим компенсационного заряда. При этом ток заряда для никель-кадмиевой батареи выставляется равным $C/64$, а для никель-металлгидридной — $C/47$.

Рассмотренная выше схема зарядного устройства на микросхеме bq2004 может быть легко дополнена устройством контроля емкости. На рис. 8.8 представлена принципиальная схема устройства контроля емкости никель-металлгидридных батарей, а на рис. 8.9 — литий-ионных. Основное отличие между этими схемами состоит в том, что в схеме устройства контроля емкости

8.4. Электронные модули «разумных» аккумуляторных батарей

Фирмы и компании, выпускающие микросхемы контроллеров зарядных устройств, контроля емкости и другие, производят как микросхемы, используемые в электронных платах «разумных» или смарт-батарей, так и готовые модули. Такие модули поставляются производителям аккумуляторных батарей. Чтобы издержки производства были минимальны, обычно их делают универсальными, пригодными для установки в никель-кадмиевые, никель-металлгидридные и литий-ионные батареи.

В качестве примера рассмотрим конструкцию модуля смарт-батарей bq2145 производства фирмы Unitrode. Но для начала вспомним о его назначении. Модуль смарт-батарей постоянно следит за ее состоянием, точно определяя ее тип, емкость и состояние. При установке ее в зарядное устройство эти данные передаются на его контроллер, который выставит оптимальный режим заряда, произведет его и отключит батарею по его окончании.

На рис. 8.10 изображена схема подключения модуля bq2145.

Основой модуля является микросхема контроля емкости bq2945. Помимо нее схема имеет микросхему EEPROM памяти (электрически стираемое постоянное запоминающее устройство), пять светодиодов для индикации емкости батареи вне заряд-

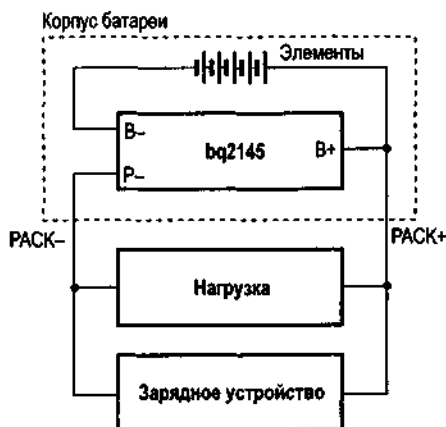


Рис. 8.10. Схема подключения модуля bq2145

ного устройства. Модуль может быть установлен внутри никель-кадмиевых, никель-металлгидридных или литий-ионных аккумуляторных батарей длиной 63 мм (2,5 дюйма) и толщиной 18 мм (0,7 дюйма). Связь с хост-устройством, например, зарядным устройством, осуществляется по протоколу SMBus. Основными выводами модуля являются:

B+ — плюсовой вывод батареи, плюсовой корпусной вывод;

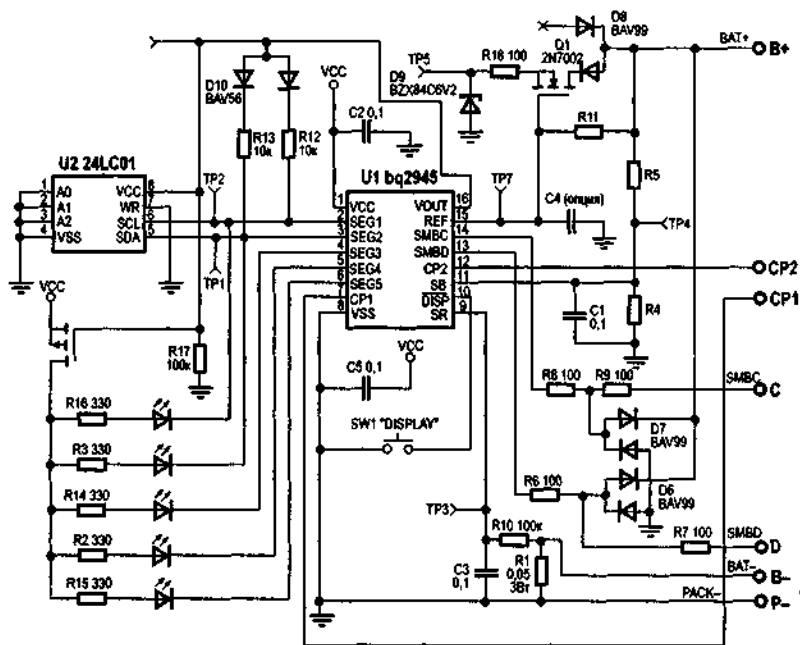
P- — минусовой корпусной вывод;

C — вывод сигналов синхронизации шины SMBus (SMBC);

D — вывод сигналов данных шины SMBus (SMBD);

B- — минусовой вывод батареи.

Кроме этих выводов имеются два контрольных вывода — CP1 и CP2. На рис. 8.11 приведена принципиальная схема электронного модуля смарт-батареи bq2145. Тип батареи и количество в ней элементов задаются сопротивлениями резисторов R5, R11, R4 (табл. 8.6).



Примечание: допуск резисторов R4, R5, R11 составляет $\pm 1\%$

Рис. 8.11. Принципиальная схема модуля смарт-батареи bq2145

Таблица 8.6

Тип батареи	Кол-во элементов	Сопротивление резисторов, Ом		
		R5	R11	R14
Литий-ионная	2	301к	86,5к	100к
	3	499к	909к	100к
	4	698к	909к	100к
Никель-металлгидридная	6	499к	162к	100к
	8	698к	402к	100к
	9	806к	604к	100к
	10	909к	909к	100к
	12	909к	1М	86,5к

Модуль позволяет проверить состояние батареи вне зарядного устройства. Если нажать на кнопку SW1 «DISPLAY», будут светиться несколько, в зависимости от емкости батареи в текущий момент времени, светодиодов, которые отображают ее емкость с шагом 20 %.

Для работы с модулем поставляется специальная плата интерфейса EV2200-45 для его подключения к последовательному порту любого АТ-совместимого компьютера. Поставляется и программное обеспечение, обеспечивающее контроль процесса заряда и разряда батареи, а также ее емкости на дисплее ПК.

8.5. Зарядные устройства свинцово-кислотных аккумуляторов

Простые зарядные устройства

Зарядные устройства свинцово-кислотных аккумуляторов и аккумуляторных батарей могут быть построены по различным схемам. Самая простая из них — обыкновенный выпрямитель напряжения сети переменного тока с возможностью регулирования выходного напряжения путем переключения выводов вторичной обмотки трансформатора (рис. 8.12). Для контроля напряжения в них используется вольтметр, для контроля тока заряда — амперметр. Также зарядные устройства часто используют

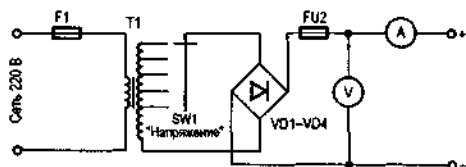


Рис. 8.12. Схема простого зарядного устройства свинцово-кислотных аккумуляторных батарей

для заряда автомобильных аккумуляторных батарей, ими комплектуются некоторые виды армейской техники. Поскольку начальный ток заряда может составлять несколько ампер, в зарядном устройстве следует использовать мощный силовой трансформатор и выпрямительные диоды с прямым током, примерно в 1,5 раза превышающим максимальный ток заряда. Диоды устанавливают на отдельные радиаторы.

Для плавающего заряда аккумуляторных батарей резервных источников питания, обеспечивающего поддержание подзаряжаемой батареи в состоянии полного заряда, некоторые дилеры рекомендуют простые зарядные устройства. На рис. 8.13 приведена схема одного из таких устройств, собранного на основе одного из типов интегральных стабилизаторов напряжения серии 142 — КР142ЕН5А.

Напряжение стабилизации КР142ЕН5А составляет 5 В, но в том случае, если его общий вывод соединен с общей шиной зарядного устройства. Естественно, что напряжение заряда 5 В недостаточно для заряда 6-вольтовой батареи. Поэтому для его повышения включен резистор R2. Рассчитать его величину можно из формулы:

$$U_0 = U_{\text{оп}} \cdot \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) + I_{\text{уст}} \cdot R2,$$

где U_0 — напряжение, равное разности максимального напряжения на заряженной аккумуляторной батарее и выходного напряжения используемого стабилизатора напряжения; $U_{\text{оп}}$ — выходное напряжение используемого стабилизатора напряжения; $I_{\text{уст}}$ — ток внутреннего стабилизатора используемой микросхемы, который можно узнать по справочнику.

Вместо R2 можно использовать и переменный резистор. Это обеспечит возможность плавной регулировки выходного напря-

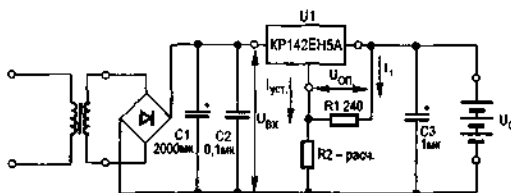


Рис. 8.13. Схема простого зарядного устройства на основе интегрального стабилизатора напряжения

жения. Но переменный резистор обязательно следует шунтировать постоянным резистором с таким расчетом, чтобы их общее сопротивление равнялось расчетному.

На рис. 8.14, а изображена схема автоматического зарядного устройства для плавающего заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Оно обеспечивает поддержание постоянного тока заряда и отключает аккумулятор по достижении установленного напряжения заряда.

Источник тока выполнен на транзисторе VT2 и светодиоде VD1, выполняющем функции индикатора. По достижении напряжения конца заряда, транзистор VT1 закрывается. При этом закрывается транзистор VT2, и светодиод VD1 гаснет. Напряжение конца заряда батареи устанавливают подбором номинала резистора R1. Для того чтобы это зарядное устройство можно было использовать для заряда более мощных, например, автомобильных аккумуляторных батарей, вместо транзистора VT2 включают составной транзистор VT2—VT4 (рис. 8.14, б). Транзистор VT4 следует установить на теплоотвод.

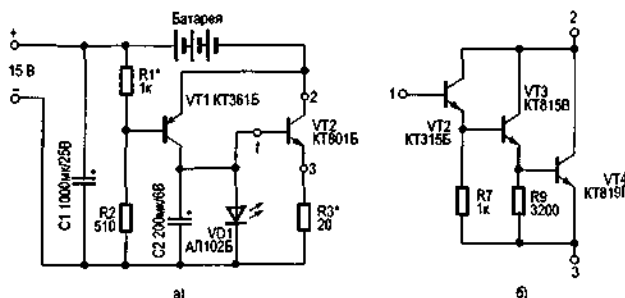


Рис. 8.14. Схема автоматического зарядного устройства для плавающего заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей

В результате неправильной эксплуатации и старения происходит сульфатация пластин свинцово-кислотных батарей. Это снижает их емкость и, в конце концов, приводит к выходу батареи из строя. Для восстановления емкости батарей с сульфатированными пластинами используют способ заряда асимметричным током заряда. Соотношение его зарядной и разрядной составляющих выбирают равным 10:1 при соотношении длительности импульсов 1:2. Форма импульсов асимметричного тока заряда показана на рис. 8.15.

На рис. 8.16 приведена принципиальная схема устройства заряда асимметричным током, рассчитанного для заряда 12-вольтовой батареи. Оно обеспечивает ток заряда 5 А и ток разряда $-0,5$ А. Напряжение переменного тока на вторичной обмотке силового трансформатора составляет 22 В. Подбором величины резистора R3 устанавливают величину разрядного тока. При этом необходимо учитывать, что суммарный ток заряда должен составлять 1,1 от тока заряда батареи, т. к. резистор R3 подключен с ней параллельно.

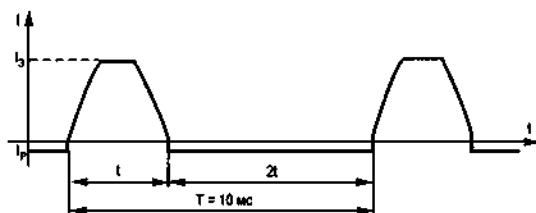


Рис. 8.15. Форма импульсов асимметричного тока заряда

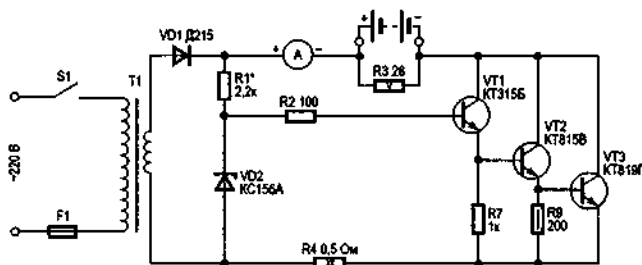


Рис. 8.16. Принципиальная схема устройства заряда асимметричным током

Заряд батареи ведут до наступления обильного газовыделения во всех банках, пока напряжение и плотность электролита не будут постоянными в течение двух часов подряд. По его окончании следует произвести уравнивание плотности электролита в банках и продолжить заряд еще в течение 30 мин. Нельзя допускать повышения температуры электролита более 45°C . Заряд батареи следует производить в хорошо проветриваемом помещении, т. к. во время его происходит выделение водорода.

Интересна схема двухступенчатого зарядного устройства свинцово-кислотных батарей. В нем заряд происходит в два этапа: на начальном этапе заряд происходит при более высоком напряжении и постоянном токе заряда, на заключительном, когда напряжение на батарее достигнет определенной величины (2,275 В/элемент при плавающем заряде или 2,45 В/элемент при циклическом заряде), напряжение заряда автоматически уменьшается. Таким образом, при двухступенчатом заряде перезаряд батареи невозможен даже при длительном времени заряда.

На рис. 8.17 показана схема такого зарядного устройства. Резистор RS служит для установки напряжения заряда при требуемом минимальном токе заряда, задаваемым резистором R3, резистор RISW — для установки порога переключения из режима основного в режим плавающего заряда.

Для защиты аккумуляторной батареи от перезаряда — одной из причин повышенного газовыделения и выкипания электролита — применяют устройства защиты. Ввиду простоты их реализации их описание не приводится. Например, это может быть транзисторный ключ с реле в цепи нагрузки, который открыва-

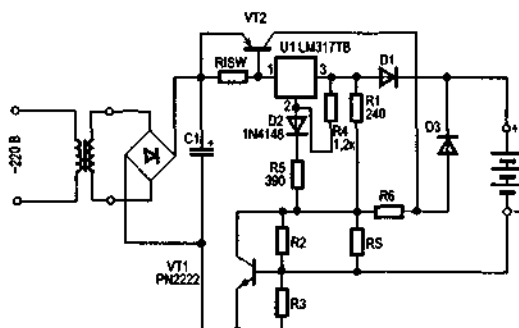


Рис. 8.17. Принципиальная схема устройства двухступенчатого заряда

ется при пробое стабилитрона в цепи его базы в случае повышения напряжения на батарее при перезаряде.

Зарядные устройства на основе специализированных микросхем

С целью упростить разработку и производство высококачественных зарядных устройств многие производители выпускают для этих целей специализированные микросхемы. В качестве примера рассмотрим зарядные устройства на основе микросхем производства фирмы MAXIM и Unitrode.

На рис. 8.18 представлена схема зарядного устройства свинцово-кислотных аккумуляторных батарей на двух микросхемах. Оно предназначено для заряда батарей небольшой емкости. Особенностью свинцово-кислотных батарей является выбор небольшого тока заряда. Конечно, батарею емкостью 5 А·ч можно зарядить за 1 час током равным $1C = 5$ А, но лучший вариант — заряжать меньшим током в $0,1C = 500$ мА — за 10 часов. Такой выбор неслучаен: при большом токе заряда очень активно про-

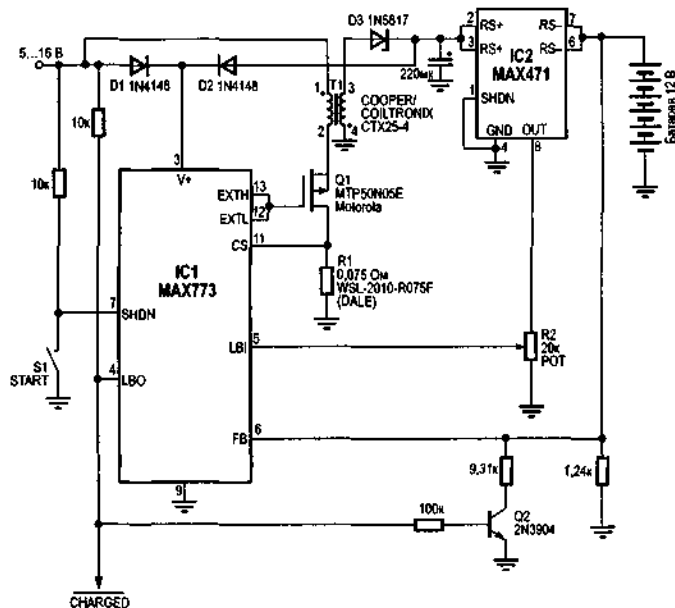


Рис. 8.18. Схема зарядного устройства на микросхемах MAXIM

текают химические процессы окисления решетки пластин. Это резко сокращает срок службы батарей. Именно поэтому сначала их заряжают током основного заряда, а затем полностью заряженную батарею подзаряжают током компенсационного (струйного) заряда очень малой величины — часто менее 0,001С.

В описываемом зарядном устройстве микросхема IC1 выполняет функции повышающего импульсного преобразователя напряжения, обеспечивающего номинальное напряжение основного заряда 12-вольтовой батареи равное 15,2 В. После окончания основного начинается фаза компенсирующего заряда. При этом напряжение заряда уменьшается до 13,2 В. Благодаря использованию импульсного трансформатора вместо катушки индуктивности обеспечена развязка между источником питания и нагрузкой — аккумуляторной батареей. Поэтому входное напряжение может изменяться в широких пределах (5...16 В), а выходное при этом остается неизменным.

Для начала заряда достаточно нажать кнопку START. Микросхема IC2 измеряет ток заряда. Это происходит следующим образом: на выв. 8 (OUT) формируется ток, который изменяется пропорционально току заряда но имеет значительно меньшую величину — 1/2000 тока заряда. Этот ток создает падение напряжения на резисторе R5, которое прикладывается к выв. 5 (LBI) микросхемы IC1. Если ток заряда батареи станет меньше значения, например, 0,01С, сработает компаратор микросхемы IC1, и на ее выв. 4 (LBO) сформируется сигнал лог. 0. При этом транзистор Q2 закроется. Это вызовет изменение сигнала обратной связи, в результате чего напряжение заряда уменьшится до 13,2 В.

На рис. 8.19 изображена зарядная характеристика устройства — зависимость выходного напряжения от тока заряда. Сначала работа преобразователя напряжения нерегулируема, т. к. напряжение на батарее меньше 12 В. По мере его увеличения ток заряда изменяется так, как показано на графике.

Совершенные микросхемы для зарядных устройств свинцово-кислотных батарей выпускает и фирма Unitrode. Рассмотрим две из них — UC2906 и UC3906. Эти микросхемы контроллеров заряда аналогичны по параметрам. Они обеспечивают:

- оптимальное управление процессом заряда, что способствует сохранению максимальных емкости и срока службы свинцово-кислотных батарей;

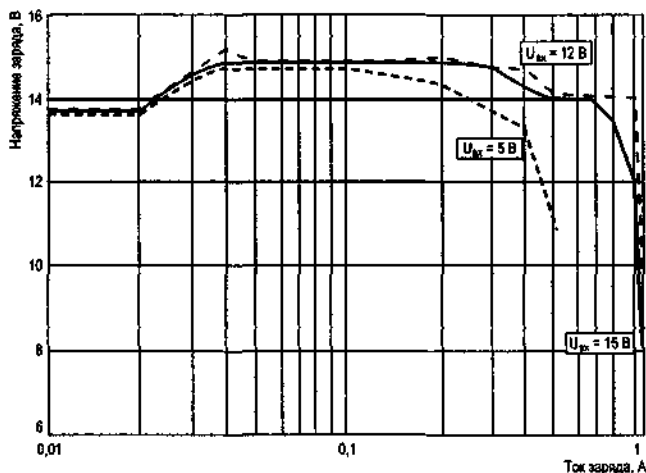


Рис. 8.19. Характеристики зарядного устройства при различных значениях напряжения питания

- трехступенчатый заряд, управляемый логическим устройством микросхемы;
- прецизионную (высокоточную) регулировку напряжения заряда при изменении температуры окружающей среды;
- управление как выходным напряжением, так и выходным током зарядного устройства;
- функции системного интерфейса;
- предельную простоту схемы зарядного устройства.

В режиме ожидания микросхемы потребляют малый ток — 1,6 мА. Напряжение питания составляет 10...40 В. Микросхемы выпускаются в различных корпусах: DIL-16, SOIC-16, PLCC-20, LCC-20.

На основе микросхемы UC2906 (UC3906) можно создавать зарядные устройства двух типов:

- двухступенчатого плавающего заряда (заряд при постоянном напряжении заряда);
- двухступенчатого компенсационного заряда (заряд при постоянном токе заряда).

На рис. 8.20 приведена схема зарядного устройства, обеспечивающего двухступенчатый плавающий заряд батарей. Заряд происходит поэтапно. На первом этапе при включении напряжения питания батареи подзарядается током струйной подзаряд-

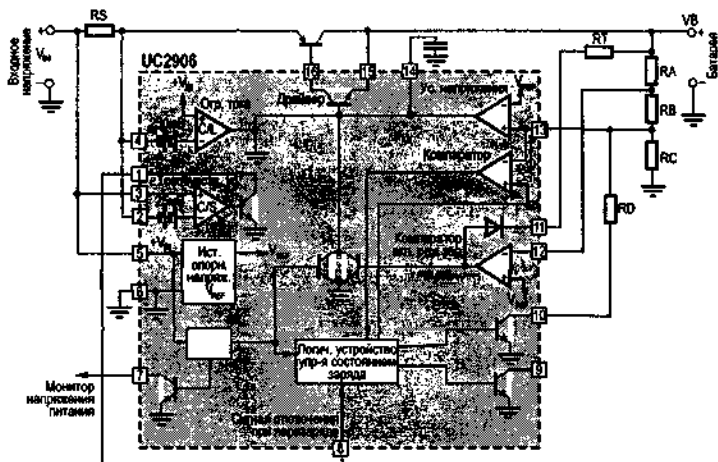


Рис. 8.20. Схема зарядного устройства двухступенчатого плавающего заряда

ки до напряжения V_T . По его достижении зарядное устройство переходит в режим основного заряда. При этом ток заряда максимален. После того как батарея зарядится, по достижении напряжения V_{I2} зарядное устройство определяет его как напряжение перезаряда. Режим перезаряда продолжается недолго: когда напряжение на батарее незначительно увеличится до порогового значения напряжения перезаряда V_{OC} , ток заряда начнет снижаться. Он будет снижаться до значения I_{OCT} и, как только достигнет этой величины, на выходе токочувствительного усилителя появится сигнал высокого уровня. Он, поступив на выв. 8 микросхемы переведет ее в состояние плавающего заряда. При этом на батарее постоянно будет поддерживаться напряжение плавающего заряда V_F .

Если нагрузка перейдет на резервное питание от батареи, она станет разряжаться, и как только ее напряжение достигнет напряжения конца разряда V_{31} , процесс заряда повторится вновь.

Расчет схемы зарядного устройства прост:

1. Выбирают ток делителя RA, RB, RC — I_D . Рекомендуется его значение принять равным 50...100 А.
2. Рассчитывают сопротивление резистора RC :

3. Рассчитывают суммарное сопротивление резисторов делителя:

$$R_{SUM} = RA + RB = (V_F - 2,3 \text{ В}) / I_D,$$

где V_F — напряжение плавающего заряда.

4. Рассчитывают сопротивление резистора RD :

$$RD = 2,3 \text{ В} \cdot R_{SUM} / (V_{OC} - V_F),$$

где V_{OC} — напряжение перезаряда.

5. Рассчитывают сопротивление резистора RA :

$$RA = (R_{SUM} + R_X) \cdot (1 - 2,3 \text{ В} / V_T),$$

где V_T — напряжение начала основного заряда, а $R_X = RC \cdot RD / (RC + RD)$.

6. Вычисляют сопротивление резисторов $RB = R_{SUM} - RA$ и $RS = 0,25 \text{ В} / I_{MAX}$ (I_{MAX} — максимальный ток основного заряда).

7. Определяют RT :

$$RT = (V_{IN} - V_T - 2,5 \text{ В}) / I_T.$$

8. Рассчитывают величину тока, при котором зарядное устройство перейдет в режим плавающего заряда: $I_{OCT} = I_{MAX}/10$.

9. Значения других напряжений выбираются из расчета: $V_{12} = 0,95 \cdot V_{OC}$; $V_{31} = 0,90 \cdot V_F$.

На рис. 8.21 изображена схема зарядного устройства для двухступенчатого компенсационного заряда. Его удобно использовать при заряде нескольких последовательно включенных аккумуляторов или аккумуляторных батарей. Работает оно следующим образом. При включении питания батарея заряжается током заряда, равному сумме максимального тока нормального заряда I_{MAX} и тока компенсационного заряда I_H . После того как напряжение батареи достигнет значения V_{12} — напряжения конца заряда, произойдет автоматическое снижение выходного напряжения зарядного устройства до напряжения плавающего заряда, и ток заряда при этом будет иметь значение I_H . При разряде батареи на нагрузку, как только ее напряжение уменьшится до значения V_F , она начнет заряжаться полным током заряда — $I_{MAX} + I_H$.

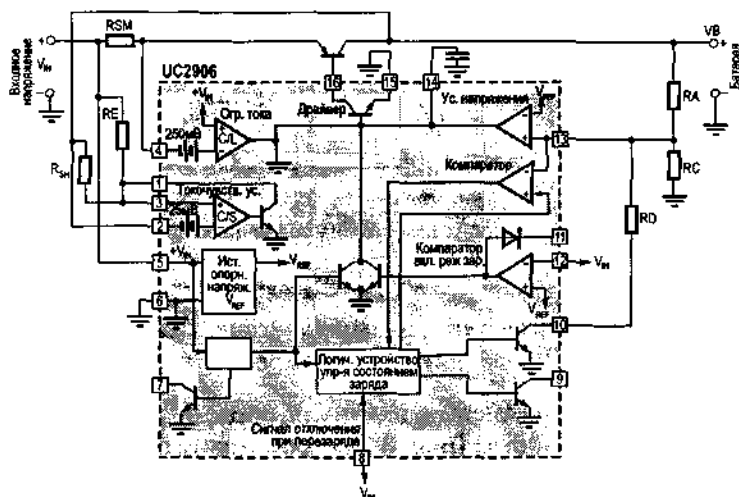


Рис. 8.21. Схема зарядного устройства двухступенчатого компенсационного заряда

8.6. Любительские конструкции зарядных устройств и устройств контроля состояния батарей

Радиолюбительские решения при конструировании различных электронных устройств интересны, прежде всего, тем, что часто имеют оригинальное решение при ограниченном выборе элементной базы. Рассмотрим некоторые конструкции.

Устройство заряда никель-кадмиевых аккумуляторов солнечной энергией

Зарядное устройство (рис. 8.22) предназначено для заряда двух никель-кадмиевых аккумуляторов типоразмера AA или AAA от солнечной батареи. При попадании солнечных лучей каждый элемент солнечной батареи выдает напряжение 0,5 В при токе нагрузки до 25 мА (используются элементы малой мощности на ток 25...50 мА). Стабилитрон D1 предотвращает разряд аккумуляторов в темное время суток. В пасмурную погоду напряжение солнечной батареи следует увеличить подключением дополнительного элемента SC8. Время заряда составляет примерно один световой день.

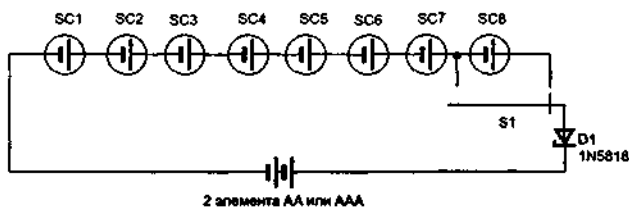


Рис. 8.22. Зарядное устройство на солнечных элементах

Простое устройство для заряда никель-кадмиевых аккумуляторов

Заряд никель-кадмиевых аккумуляторов с использованием описываемого устройства (рис. 8.23) происходит при постоянном токе заряда. Оно обеспечивает заряд от 1 до 20 аккумуляторов одновременно при токе заряда 20...200 мА. В качестве источника питания используется трансформатор с мостовым выпрямителем. Вторичная обмотка трансформатора должна обеспечивать напряжение 24...30 В при токе нагрузки не менее 500 мА. В качестве реостата лучше всего использовать проволочный переменный резистор достаточной мощности. Ток заряда выставляется в соответствии с емкостью заряжаемых аккумуляторов. Его величина — 0,1С.

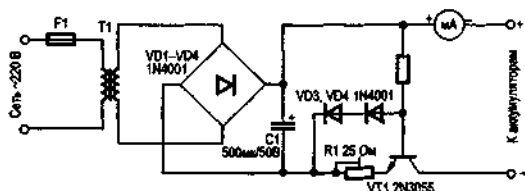


Рис. 8.23. Простое устройство для заряда никель-кадмиевых аккумуляторов

Монитор состояния 12-вольтовой свинцово-кислотной батареи

На рис. 8.24 приведена схема простого монитора состояния свинцово-кислотной батареи. Десять светодиодов отображают состояние батареи. Состоянию полностью заряженной батареи соответствует напряжение 12,6 В и более, состоянию разряжен-

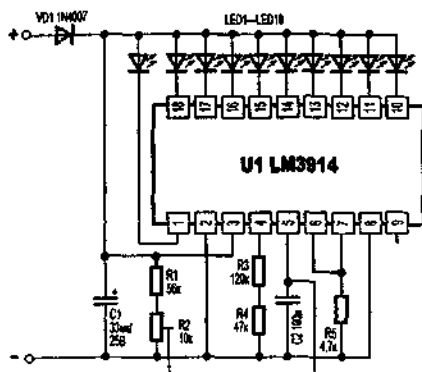


Рис. 8.24. Монитор состояния 12-вольтовой свинцово-кислотной батареи

ной — 11,89 В и менее. В схеме используются три светодиода зеленого цвета, которые отображают степень заряда батареи более чем на 50 %, четыре светодиода желтого цвета — 30...50 % емкости и три светодиода красного цвета — при заряде батареи менее чем на 30 %.

При настройке монитора на его вход подают напряжение 12,65 В и подстройкой потенциометра R10 добиваются свечения всех десяти светодиодов. Постепенно снижая напряжение, проверяют работу монитора. При его величине 11,89 В должен светиться один — последний — красный светодиод. Яркость свечения светодиодов регулируется подбором сопротивления резистора R5. Дiod VD1 защищает схему от переплюсовки подаваемого на нее напряжения.

Глава 9

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ

В качестве источников питания зарядных устройств чаще всего используются трансформаторные блоки питания, основными элементами которых являются силовой трансформатор и мостовой или двухполупериодный выпрямитель. Они обладают тремя существенными недостатками: большим весом, низким КПД и существенным отклонением выходного напряжения от нормы при колебаниях напряжения в сети.

Все чаще в качестве замены трансформаторных блоков питания используют бестрансформаторные блоки питания, которые, кроме того, называют импульсными или ключевыми. Они лишены основных всех недостатков первых. Благодаря усилиям фирм-производителей полупроводниковых приборов, в последние годы разработаны эффективные микросхемы, новые типы транзисторов, которые превратили импульсные источники в совершенные и надежные электронные приборы, которые и при желании сложно вывести из строя, т. к. они имеют различные устройства защиты.

Цель этой главы не рассматривать схемотехнику импульсных источников питания, но познакомить читателя с очень интересной продукцией фирмы Power Integrations. Она выпускает микросхемы, которые позволяют просто и легко собрать легкий и надежный блок питания при минимально необходимом количестве навесных элементов.

Компания Power Integrations является ведущим поставщиком высоковольтных аналоговых интегральных микросхем для преобразователей напряжения DC/DC и AC/DC. Семейство микросхем, выпускаемых ею, производится по патентованной технологии *TOPSwitch*.

В 1998 г. компания представила новое семейство микросхем *TinySwitch*, выпущенных по технологии *EcoSmart*[®], обеспечиваю-

шей еще более эффективный результат при их применении в источниках питания.

В 2002 г. компания представила еще два новых семейства микросхем: *DPA-Switch™* — микросхем DC/DC преобразователей напряжения с высокой степенью интеграции, предназначенных для систем распределенного питания, и *LinkSwitch™* — эффективных ключевых элементов, работающих по принципу CV/CC (не изменяющееся напряжение/не изменяющийся ток) и предназначенных для производства недорогих зарядных устройств и адаптеров питания.

Приводимая ниже справочная информация дает представление о назначении и типовом применении микросхем Power Integrations. В табл. 9.1—9.8 приведены краткие характеристики микросхем различных семейств, а на рис. 9.1—9.6 изображены типовые схемы их включения.

Таблица 9.1. Краткие сведения о микросхемах Power Integrations

Тип микросхемы	Семейство	Применение	Тип корпуса
TOP242-250	TOPSwitch-GX	Для источников питания мощностью до 290 Вт, технология EcoSmart, встроенный ключевой транзистор	TO-220-7C, DIP-8B, SMD-8B, TO-263-7C, TO-262
TOP232-234	TOPSwitch-FX	Для обратноходовых импульсных источников питания мощностью 0...75 Вт, расширенные возможности, повышенная эффективность	TO-220-7B, DIP-8B, SMD-8B
TNY264/266-268	TinySwitch-II	Для источников питания мощностью 4...23 Вт, повышенная эффективность, только для маломощных источников	DIP-8B, SMD-8B
TNY253/254/255	TinySwitch	Для источников питания 0...10 Вт, повышенная эффективность, только для маломощных источников	DIP-8B, SMD-8B
TNY256	TinySwitch	Для резервных источников питания мощностью 0...10 Вт с возможностью блокировки при наличии основного питания, с автоматическим перезапуском, с низким значением дрожания частоты	TO-220/3, DIP-8, SMD-8
TOP221-227	TOPSwitch-II	Для резервных источников питания мощностью 0...150 Вт при напряжении сети 100/110 В или мощностью 0...90 Вт при напряжении сети переменного тока 85...265 В	TO-220/3, DIP-8, SMD-9
TOP412/414	TOPSwitch DC/DC	Для источников питания, работающих при входном напряжении постоянного тока 18...90 В, мощностью 0...21 Вт	SMD-8

Продолжение табл. 9.1

Тип микросхемы	Семейство	Применение	Тип корпуса
TOP100-104	TOPSwitch	Для источников питания, работающих при входном напряжении переменного тока 110/120 В, мощностью 0...60 Вт	TO-220/3
TOP200-204/214	TOPSwitch	Для источников питания, работающих при входном напряжении переменного тока 230 В, мощностью 0...100 Вт или при напряжении 85...265 В мощностью 0...50 Вт	TO-220/3
TOP209/210	TOPSwitch	Для применения в блоках питания устройств, работающих в режиме ожидания, мощностью 0...8 Вт	DIP-8, SMD-8
DPA423R-426R	DPA-Switch	Для источников питания центрального офисного телекоммуникационного оборудования (xDSL, ISDN, PABX); систем с распределенным питанием (шины питания 24/48 В); цифровых телефонов и телефонов, работающих в системах VoIP; систем управления производством (24/48 В)	TO-263-7C (корпус типа R)
LNK501P/ LNK501G	LinkSwitch	Для замены сетевых трансформаторов в источниках питания мощностью до 3 Вт; для зарядных устройств сотовых и беспроводных телефонов, PDA, цифровых фотоаппаратов, MP3-плееров, электробритв и т. п.; для маломощных источников питания бытовых устройств; для питания телевизоров в режиме ожидания	DIP-8B, SMD-8B

Таблица 9.2. Таблица выходных мощностей микросхем TOP242-250

Тип микросхемы	Мощность, Вт, при входном напряжении			
	~230 В		~85...265 В	
	Адаптер	Вентилируемый БП	Адаптер	Вентилируемый БП
TOP242P, G	9	15	6,5	10
TOP242R	21	22	11	14
TOP242Y, F	10	22	7	14
TOP243P, G	13	25	9	15
TOP243R	29	45	17	23
TOP243Y, F	20	45	15	30
TOP244P, G	16	30	11	20
TOP244R	34	50	20	28

Продолжение табл. 9.2

Тип микросхе- мы	Мощность, Вт, при входном напряжении			
	~230 В		~85...265 В	
	Адаптер	Вентилируемый БП	Адаптер	Вентилируемый БП
TOP244Y, F	30	65	20	45
TOP245R	37	57	23	33
TOP245Y, F	40	85	26	60
TOP246R	40	64	26	38
TOP246Y, F	60	125	40	90
TOP247R	42	70	28	43
TOP247Y, F	85	165	55	125
TOP248R	43	75	30	48
TOP248Y, F	105	205	70	155
TOP249R	44	79	31	53
TOP249Y, F	120	250	80	180
TOP250R	45	82	32	55
TOP250Y, F	135	290	90	210

Таблица 9.3. Таблица выходных мощностей микросхем TOP232-234

Тип микросхемы	Мощность, Вт, при входном напряжении			
	~230 В		~85...265 В	
	Адаптер	Вентилируемый БП	Адаптер	Вентилируемый БП
TOP232P	9	15	6,5	10
TOP233G				
TOP232Y	10	25	7	15
TOP233P	13	25	9	15
TOP233G				
TOP233Y	20	50	15	30
TOP234P	16	30	11	20
TOP234G				
TOP234Y	30	75	20	45

Таблица 9.4. Таблица выходных мощностей микросхем TNY264/266-268

Тип микросхемы	Мощность, Вт, при входном напряжении			
	-230 В		-85...265 В	
	Адаптер	Вентилируемый БП	Адаптер	Вентилируемый БП
TNY264P, G	5,5	9	4	6
TNY266P, G	12	15	6	9,5
TNY267P, G	13	19	8	12
TNY268P, G	16	23	10	15

Таблица 9.5. Таблица выходных мощностей микросхем TOP221-227

Тип микросхемы	Мощность, Вт, при входном напряжении	
	-100/110/230 В	-85...265 В
TOP221Y	12	7
TOP222Y	25	15
TOP223Y	50	30
TOP224Y	75	45
TOP225Y	100	60
TOP226Y	125	75
TOP227Y	150	90
TOP221P, G	9	6
TOP222P, G	15	10
TOP223P, G	25	15
TOP224P, G	30	20

Таблица 9.6. Таблица выходных мощностей микросхем TOP200-204/214

Тип микросхемы	Мощность, Вт, при входном напряжении		
	Обратноходовой источник питания		Ист. питания с коррекцией коэф. мощн. и усилением
	-230 В	-85...265 В	-230/277 В
TOP200YAI	0...25	0...12	0...25
TOP201YAI	20...45	10...22	20...45
TOP202YAI	30...60	15...30	30...60
TOP203YAI	40...70	20...35	40...70
TOP204YAI	50...85	25...42	50...85
TOP214YAI	50...100	30...50	60...100

Таблица 9.7. Таблица выходных мощностей микросхем DPA423R-426R

Тип микросхемы	Входное напряжение пост. тока 36...75 В					Макс. вых. мощн., Вт
	Вых. мощность при мощности, рассеиваемой на микросхеме, Вт					
	0,5	1	2,5	4	6	
DPA423R	12	16	—	—	—	18
DPA424R	16	23	35	—	—	35
DPA425R	23	32	50	62	—	70
DPA426R	25	35	55	70	83	100

Таблица 9.8. Таблица выходных мощностей микросхем LNK501P, G

Тип микросхемы	Вых. мощность, Вт, при входном напряжении переменного тока	
	230 В $\pm 15\%$	85...265 В
LNK501P, G	4	3

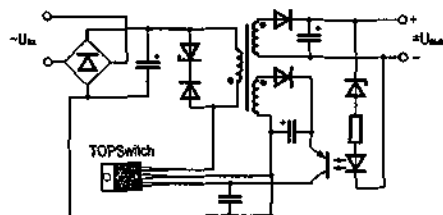


Рис. 9.1. Типовое включение TOPSwitch

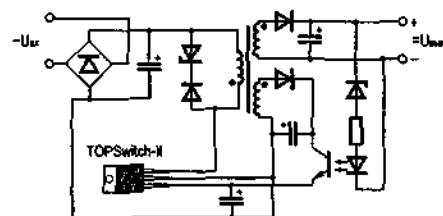


Рис. 9.2. Типовое включение TOPSwitch-II

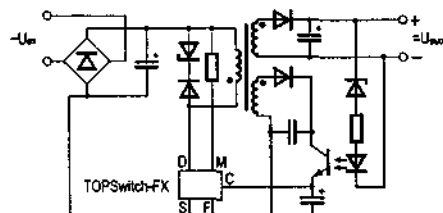


Рис. 9.3. Типовое включение TOPSwitch-FX

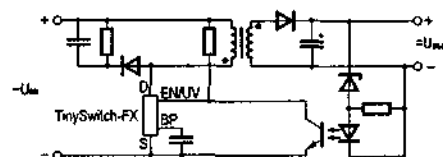


Рис. 9.4. Типовое включение TinySwitch-FX

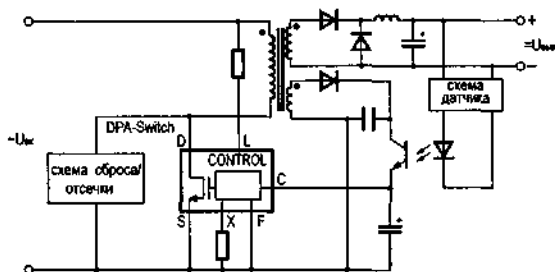


Рис. 9.5. Типовое включение DPA-Switch

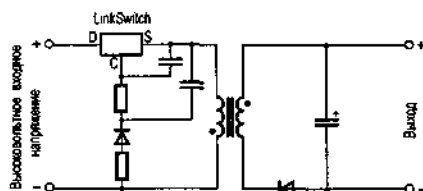


Рис. 9.6. Типовое включение LinkSwitch

О производстве аккумуляторных батарей в России

Экономический рост, наблюдаемый в последние годы во многих отраслях отечественной промышленности, транспорта и телекоммуникаций, резко увеличил потребности в автономных источниках тока.

Производство свинцово-кислотных батарей

Одним из ведущих отечественных производителей свинцово-кислотных батарей является Тюменский аккумуляторный завод (ТАЗ). За последние годы на заводе было освоено и модернизировано 14 типов свинцово-кислотных АКБ для автотракторной техники, 2 типа для тепловозов, 6 стационарных АКБ для электростанций, узлов связи и газоперекачивающих установок, 3 типа для напольного электротранспорта, а также батареи 12СТ-85П1 и 6СТ-170П1 для бронетанковой техники. В числе новинок ТАЗа — приспособленная к российскому климату стартерная батарея 6СТ-132АМ, которая имеет низкое внутреннее сопротивление и повышенный ресурс, а ее конструкция исключает разгерметизацию и возможность короткого замыкания.

Продукт высоких технологий — новая батарея 6СТ-190АМ, обладающая лучшими потребительскими свойствами по сравнению с предыдущими моделями. ТАЗ начал выпуск стационарных свинцовых аккумуляторов серии ТБ номинальной емкостью 350-600 А·ч, предназначенных для работы в телекоммуникационных системах, на атомных и тепловых электростанциях, компрессорных станциях газопроводов и других объектах энергетики, а также в качестве источников аварийного энергоснабжения. Их корпуса выполнены из прозрачного ударопрочного сополимера стирола, а решетки электродов изготовлены из малосурьмяни-

стого сплава (содержание сурьмы — 1,5%), существенно снижающего саморазряд и газовыделение.

Тяговые батареи для электропогрузчиков «Балканкар» и другого напольного транспорта комплектуют из свинцово-кислотных аккумуляторов 4Вх200, 5Вх250, 7Вх350 с намазными положительными и отрицательными электродами, разделенными сепараторами «мипласт». Полипропиленовые корпуса и крышки аккумуляторов герметично соединены при помощи термосварки. Металлический бак АКБ окрашен кислотостойкой краской.

Под капотом каждого второго автомобиля, сходящего с конвейера АвтоВАЗа, установлена батарея торговой марки «АкТех». Этот тип батарей выпускает ООО «Аккумуляторные технологии» (г. Иркутск) на оборудовании американской фирмы Exide. Ассортимент «АкТех» включает сухие и залитые батареи с прямой и обратной полярностью емкостью 55...190 А·ч. На свою продукцию компания предоставляет двухлетнюю гарантию. В 2001 г. батареи «АкТех» стали победителем конкурса «100 лучших товаров России». В их конструкции реализованы уникальные разработки инженеров компании и ученых Сибирского отделения РАН. Малое количество сурьмы в сплаве, из которого изготовлены токоотводы, снижает расход воды во время эксплуатации. Сепаратор-конверт из микропористого полиэтилена надежно защищает электроды от замыкания и улучшает токовые характеристики. Решетка токоотвода с радиальным расположением жилок и смещенным к центру ушком улучшает стартерные характеристики и прием заряда. Большая пористость пластинчатых электродов повышает коэффициент использования активной массы и запас емкости АКБ. Активная масса содержит специальные добавки, увеличивающие прочность электродов. Корпус батарей «АкТех» выполнен из ударопрочного морозостойкого сополимера полипропилена. Для проверки надежности готовые аккумуляторы испытывают током силой 800 А.

С весны 2002 г. компания выпускает батареи нового поколения торговой марки «Зверь» с необычной «внешностью»: оскаленная звериная морда, широкие черные полосы на ярко-оранжевом корпусе. Звучное имя и оригинальный дизайн — не единственные достоинства «Зверя». Это продукт экстракласса, превосходящий по качеству импортные аккумуляторы. В результате более чем двухлетней напряженной работы инженеров и ученых Иркутского государственного технического университета СО РАН созданы настоя-

шие зимние аккумуляторные батареи емкостью 55...77 А·ч, способные в любой холод завести промерзший на стоянке автомобиль. По своим токовым и емкостным характеристикам «Зверь» превосходит все имеющиеся на рынке аналоги. Добавка оксида кремния в активную массу электродов существенно повысила разрядный ток батареи. От батареи емкостью 55 А·ч требуется обеспечить разрядный ток 255 А. Батарея «Зверь» такой емкости отдает все 280 А. Разработанная в Иркутске технология серьезно увеличила и срок службы новой батареи. Большинство производителей свинцово-кислотных батарей дают на свою продукцию двухлетнюю гарантию. «Зверь» — единственная на сегодняшний день отечественная батарея со сроком гарантии 3 года. По габаритам она полностью соответствует европейскому стандарту DIN и подходит для большинства отечественных автомобилей и иномарок.

В числе последних разработок АООТ «НИИСТА» (г. Подольск Московской обл.) — стартерная свинцово-кислотная батарея нового типа напряжением 12 В и емкостью 100 А·ч, предназначенная для пуска двигателей тяжелой техники в различных климатических условиях.

Свинцовые стартерные АКБ новой серии емкостью 63, 115 и 190 А·ч имеют большую пусковую мощность, увеличенный до 6 лет срок службы, низкое внутреннее сопротивление. Они обладают высокой энергетической плотностью и хорошо сохраняют ее при низких температурах.

По новой технологии с использованием последних достижений аккумуляторной техники разработана серия стартерных батарей номинальной емкостью 110, 140 и 170 А·ч, предназначенных для работы в условиях Крайнего Севера. Электронагреватели пленочного типа за 30 мин нагревают электролит этих батарей на 20 °С — от -50 до -30 °С.

Более 200 типов тяговых свинцово-кислотных батарей емкостью от 165 до 1200 А·ч напряжением 12—120 В для напольного транспорта и резервных источников электропитания выпускает совместное российско-бельгийское предприятие SSK Group (г. Москва). Батареи собирают на новом технологическом оборудовании корпорации MAG с использованием комплектующих лучших европейских производителей. Батареи SSK оснащены панцирными положительными электродами со свинцовыми или мягкими медными перемычками между ними. Металлический

короб покрыт шестью слоями кислотоустойчивых лакокрасочных материалов: два слоя грунтовки, три слоя краски, один слой лака. Батареи выдерживают 1500 циклов заряда/разряда. Гарантийный срок службы батарей SSK — 2 года, но не более 1200 зарядно-разрядных циклов. Их конструкция и технические характеристики полностью соответствуют европейским стандартам DIN и BS.

Щелочные аккумуляторные батареи

Опытный завод «НИИХИТ» (г. Саратов) подготовил к серийному производству новое поколение щелочных никель-кадмиевых батарей этого типа с более высокими техническими и эксплуатационными характеристиками. К их преимуществам можно отнести высокую энергетическую плотность (до 600 Вт/кг), сохранение работоспособности при экстремальных температурах от -60 до $+100$ °С, устойчивость к длительному перезаряду при повышенной температуре, сохранность заряда в течение 30—90 суток, стойкость к механическим нагрузкам, высокую надежность и безотказность при гарантийном сроке службы 3,5—5 лет, технический ресурс эксплуатации не менее 8 лет. В числе новинок «НИИХИТ» — авиационные батареи типа 20НКБН-28 и 20НКМ-30 с номинальной емкостью соответственно 28 и 30 А·ч, повышенной ударо- и вибропрочностью, гарантированным сроком службы 5—6 лет. Их высокие зарядно-разрядные характеристики сохраняются в интервале рабочих температур от -30 до $+50$ °С. Новые батареи оснащены биметаллическими датчиками контроля температуры в полете.

ОАО «Кузбассэлемент» (г. Ленинск-Кузнецкий Кемеровской обл.) — крупнейший производитель щелочных никель-кадмиевых и никель-железных аккумуляторов. 82 типа выпускаемых предприятием аккумуляторных батарей применяются на железнодорожном, подземном и напольном электротранспорте, в радио-, медицинской и навигационной аппаратуре, в аварийно-поисковых средствах морского и речного судоходства, для освещения рабочих мест в рудниках и шахтах. Щелочные аккумуляторы емкостью 400—600 А·ч работают в средних и длительных режимах разряда, не требуют специальных условий для размещения, работоспособны при температурах от -20 до $+40$ °С,

отличаются высокой надежностью. Их ресурс превышает 2000 циклов заряда/разряда. Их выпускают в металлических емкостях, выдерживающих сильные механические нагрузки и вибрации. «Кузбассэлемент» освоил производство герметичных, не требующих обслуживания никель-кадмиевых аккумуляторных батарей емкостью 0,2—0,9 А·ч для питания постоянным током переносной и стационарной аппаратуры различного назначения, осветительных приборов, ламп-вспышек, электронных калькуляторов. А щелочными батареями 3ШНКП-10М05 номинальной емкостью 10 А·ч оснащают шахтные головные светильники.

Одно из ведущих отечественных предприятий по производству АКБ различных электрохимических систем — ФГУП «Уралэлемент» (г. Верхний Уфалей Челябинской обл.). Традиционная продукция завода — малогабаритные призматические никель-кадмиевые аккумуляторы, аккумуляторные батареи системы «магний-хлористый свинец» с очень широкой областью применения — от высокоточной военной техники до электробытовых приборов. Никель-кадмиевые герметичные аккумуляторы КСРМ 0,8 и КСРЛ 1,5 питают постоянным током бортовое оборудование судов и самолетов, радиоэлектронную аппаратуру, системы программного управления, охранной и аварийной сигнализации, электростимуляторы и другие медицинские приборы. Они обладают высокой механической прочностью, надежны в эксплуатации, не требуют ухода в течение длительного срока службы, который может достигать 10 лет. Цилиндрические никель-кадмиевые аккумуляторы серии «Элемс» емкостью от 0,7 до 2,8 А·ч предназначены для работы в источниках бесперебойного питания различной аппаратуры, систем энергоснабжения космических аппаратов, бортового оборудования судов и самолетов. Их главные достоинства — герметичность, длительный срок службы в широком диапазоне температур, механических и электрических нагрузок, работоспособность при любом положении в пространстве.

Щелочные аккумуляторы системы МВЦ обладают высокими эксплуатационными характеристиками, надежны, недороги. Их изготавливают в корпусах из ударопрочной пластмассы. Аккумуляторные батареи серии «Бакен» предназначены в основном для питания ламп накаливания речных и береговых средств навигационного оборудования.

Новые виды аккумуляторных батарей

Все, о чем шла речь до сих пор, — это традиционные виды аккумуляторных батарей. Однако за последнее время было создано большое количество принципиально новых аккумуляторов. НИАИ «Источник» (г. Санкт-Петербург) является преемником Всесоюзного научно-исследовательского аккумуляторного института. Ему принадлежит разработка отечественной технологии производства свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, создание первых в России никель-кадмиевых и никель-железных, серебряно-цинковых и серебряно-кадмиевых аккумуляторов. Сегодня институт разрабатывает и выпускает автономные источники тока различных электрохимических систем номинальной мощностью от 0,6 до 200 А·ч для космической и специальной техники, средств связи, промышленности, транспорта. НИАИ «Источник» производит два типа призматических никель-кадмиевых аккумуляторов емкостью от 4 до 200 А·ч: НКГ (с металлокерамическими положительными и отрицательными электродами) и НКГК (с металлокерамическими положительными электродами). Их преимущества: герметичность, минимальный саморазряд, механическая прочность, работоспособность в широком диапазоне токовых нагрузок и температур. Срок службы — 5—10 лет.

В институте созданы первые никель-металлгидридные аккумуляторы емкостью от 20 до 50 А·ч с высокой энергетической плотностью. Срок их службы в 2—3 раза больше, чем аккумуляторов НКГ и НКГК. Новыми аккумуляторами можно комплектовать батареи на любое напряжение. Санкт-петербургский НИАИ — создатель первых в мире герметичных никель-водородных аккумуляторов НВ-40 и НВ-50 с энергетической плотностью соответственно 48,8 и 58,5 Вт·ч/кг. Для них характерны отсутствие необходимости обслуживания, длительный срок службы, экологическая чистота и безопасность эксплуатации, работоспособность в любом положении, устойчивость к воздействию разнообразных механических нагрузок.

ФГУП «Уралэлемент» выпускает для авиации и флота серебряно-цинковые аккумуляторные батареи, энергетическая плотность которых в несколько раз больше, чем у обычных свинцово-кислотных и щелочных аккумуляторов. Большие разрядные токи серебряно-цинковых батарей раскручивают мощные двига-

тели в аварийных ситуациях. Они работоспособны при температурах от 0 до 50 °С при относительной влажности воздуха до 98%. Продолжительность разряда таких батарей большими токами составляет не менее 2 ч, малыми — до 5 суток.

Широкий ассортимент элементов питания и аккумуляторных батарей различных электрохимических систем производит ОАО «Энергия» (г. Елец Липецкой обл.). Марганцево-цинковые источники тока необходимы для электропитания аппаратуры освещения и связи, радиоприемников и радиостанций, фотоаппаратов, геофизических приборов, электроизгородей, навигационного оборудования. А для энергоснабжения навигационных приборов на берегу и в воде специально разработаны различные модификации малогабаритных аккумуляторных батарей «Лиман». Свыше 80% слуховых аппаратов в мире питаются от воздушно-цинковых источников высокой энергоемкости. Выпускаемые ОАО «Энергия» воздушно-цинковые элементы по габаритам, емкости, диапазону оптимальных токов разряда полностью соответствуют международным требованиям. При непрерывной эксплуатации по 12 часов в сутки слуховые аппараты с елецкими элементами могут работать 3—4 недели и дольше. Благодаря низкой цене они доступны для инвалидов и пенсионеров. Для электропитания измерительной аппаратуры, научных и других приборов предназначены миниатюрные ртутно-цинковые элементы и секции. Они выдают высокие разрядные токи при стабильном напряжении, безотказны в работе при температурах от -30 до +70 °С. ОАО «Энергия» выпускает также ЛИТ серий «Блик» и CR, водоактивируемые и тепловые источники тока.

Оборудование для производства аккумуляторных батарей

Широкий спектр нестандартного оборудования для производства свинцово-кислотных, щелочных, литиевых аккумуляторных батарей и гальванических элементов производит ОАО «Источники тока» (г. Смоленск). Завод поставляет автоматизированные сборочные линии, автоматы, полуавтоматы и установки для отдельных технологических операций, автоматизированные комплексы для испытания аккумуляторов, зарядные устройства для аккумуляторных батарей. www.moscowmobile.ru

Приложение 1

Технические характеристики аккумуляторов GP

Никель-кадмиевые аккумуляторы GP для работы в условиях высоких температур (High Temperature Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
AA	GP70AAST	1,2	770	14,4	48,2	21
Sub C	GP160SCKT	1,2	1760	23	43	44
C	GP250CKT	1,2	2750	25,8	50	72
D	GP450DKT	1,2	4950	33	61,5	125
Температура заряда 0...70 °С. Температура разряда -20...70 °С. Температура хранения -20...35 °С.						

Никель-кадмиевые аккумуляторы для работы при повышенном токе нагрузки (High Drain Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
4/5 Sub C	GP120SCK	1,2	1320	23	43	39
Sub C	GP130SCK	1,2	1430	23	43	41
Sub C	GP160SCK	1,2	1760	23	43	46
Sub C	GP180SCK	1,2	1980	23	43	51
Sub C	GP200SCK	1,2	2200	23	43	53
D	GP450DK	1,2	4950	33	61,5	135
Температура заряда 0...45 °С. Температура скоростного заряда 10...45 °С. Температура разряда -20...50 °С. Температура хранения -20...35 °С.						

Стандартные никель-кадмиевые аккумуляторы GP (Standard Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
AAA	GP30AAAK	1,2	320	10,5	43,7	10,5
1/3 AA	GP18AAK	1,2	200	14,5	16,6	7
2/3 AA	GP30AAK	1,2	320	14,5	28,7	11
2/3 AA	GP40AAK	1,2	450	14,5	28,7	12
2/3 AA	GP50AAK	1,2	520	14,5	28,7	13
4/5 AA	GP72AAS	1,2	760	14,4	42,5	19
AA	GP60AAS	1,2	660	14,4	48,2	19
AA	GP70AAS	1,2	770	14,4	48,2	21
AA	GP80AAS	1,2	850	14,4	48,2	21
AA	GP95AAS	1,2	1020	14,4	48,2	24
AA	GP100AAS	1,2	1060	14,4	48,2	26,5
7/5 AA	GP120AAK	1,2	1300	14,5	65	31
1/3 AF	GP25AFK	1,2	270	17	16,3	10
2/3 AF	GP55AFK	1,2	600	16,3	27,7	13,9
2/3 AF	GP70AFK	1,2	740	16,3	27,7	16
4/5 AF	GP120AFK	1,2	1300	16,5	42	26,5
AF	GP140AFK	1,2	1500	16,5	49,3	31,2
7/5 AF	GP200AFK	1,2	2200	17,5	67,5	43
C	GP65CK	1,2	715	25,8	27,6	29
N	GP23NK	1,2	250	12	36	8,5

Температура заряда 0...45 °С.

Температура скоростного заряда 10...45 °С.

Температура разряда -20...50 °С.

Температура хранения -20...35 °С.

Серия 9-вольтовых никель-кадмиевых аккумуляторных батарей GP (9V Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
9V	GP12F7K	7,2	132	17,5 (Т)	48,5	36
9V	GP12F8K	8,4	132	17,5 (Т)	48,5	42
9V	GP15F7K	7,2	165	17,5 (Т)	48,5	36
9V	GP15F8K	8,4	165	17,5 (Т)	48,5	42

Температура заряда -10...30 °С.

Температура разряда -20...40 °С.

Температура хранения 0...35 °С.

Температура краткосрочного хранения (не более 1 недели) -20...60 °С.

Никель-металлгидридные аккумуляторы GP повышенной емкости (High Capacity Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
1/3 AAA	GP16AAAM	1,2	168	10,2	14	3,75
2/3 AAA	GP37AAAM	1,2	388	10,2	29,2	7,5
4/5 AAA	GP50AAAASH	1,2	515	10,5	35,9	9,3
AAA	GP65AAAAN	1,2	680	10,5	43,7	13
AAA	GP70AAAAN	1,2	730	10,5	43,7	13
AAA	GP75AAAAN	1,2	780	10,5	43,7	13
AAAL	GP80AAALH	1,2	820	10,5	50	15
7/5AAAL	GP100AAALH	1,2	1050	10,5	66,5	19,5
2/3 AA	GP75AAH	1,2	770	14,5	28,7	15
AA	GP150AAM	1,2	1540	14,4	48,2	26
AA	GP160AAH	1,2	1660	14,5	49,2	26
AA	GP170AAH	1,2	1750	14,5	49,2	27
7/5 AA	GP190AAH	1,2	1960	14,5	65	35
4/5 AF	GP211AFH	1,2	2170	17	43	32
AF	GP250AFH	1,2	2550	17	50,2	39

High Capacity Series (продолжение)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
7/5 AF	GP370AFM	1,2	3750	17,2	67	53
7/5 AF	GP380AFH	1,2	3800	17,5	67	53,5
N	GP45NH	1,2	460	11,5	29,1	9,3
18650	GP410LAH	1,2	4220	18,3	65,5	58
18670	GP450LAH	1,2	4500	18,3	67	60
4/5 Sub-C	GP200SCH	1,2	2100	23	34	48
Sub-C	GP300SCH	1,2	3300	23	43	61
Sub-C	GP330SCH	1,2	3465	23	44,5	62
C	GP350CH	1,2	3850	25,8	50	78,5
D	GP700DH	1,2	7350	33	60	155
D	GP900DH	1,2	9225	33	60	170
F	GP1300FH	1,2	13650	33	90	247

Температура заряда 0...45 °C.

Температура скоростного заряда 10...45 °C.

Температура разряда -20...50 °C.

Температура хранения -20...35 °C.

Никель-металлгидридные аккумуляторы GP для работы в условиях высоких температур (High Temperature Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
AA	GP125AAMT	1,2	1280	14,4	48,2	25,5
4/5 AF	GP160AFHT	1,2	1650	17	43	31
AF	GP210AFHT	1,2	2160	17	50,2	37,5
18670	GP400LAHT	1,2	4050	18,3	67	66
Sub-C	GP220	1,2	2310	23	43	53
	SCHT					

Температура заряда 0...70 °C.

Температура разряда -20...70 °C.

Температура хранения -20...35 °C.

Стандартные никель-металлгидридные аккумуляторы GP (Standard Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
AAAA	GP30AAAAH	1,2	310	8,4	40,6	6,5
7/5AAAA	GP50AAAAH	1,2	520	8,4	66	10,5
1/4 AAA	GP7AAAM	1,2	80	10	10,3	2,4
1/3 AAA	GP12AAAM	1,2	130	10	13,7	3,3
1/2 AAA	GP25AAAM	1,2	270	10	22	5,3
2/3 AAA	GP28AAAM	1,2	290	10	29	6,4
4/5 AAA	GP40AAAAH	1,2	450	10,3	35,9	8,5
AAA	GP55AAAAH	1,2	578	10,5	43,7	13
AAA	GP60AAAAH	1,2	630	10,5	43,7	12,5
1/3 AA	GP25AAH	1,2	270	14,5	16,6	7
2/3 AA	GP30AAH	1,2	320	14,5	28,7	10
2/3 AA	GP60AAH	1,2	660	14,5	28,7	13
4/5 AA	GP121AAH	1,2	1250	14,5	42,5	22
AA	GP60AAM	1,2	660	14,4	48,2	15
AA	GP130AAM	1,2	1400	14,4	48,2	25
1/2 AF	GP60AFH	1,2	650	17	22	14
2/3 AF	GP100AFH	1,2	1080	17	28,7	22
4/5 AF	GP181AFH	1,2	1860	17	43	22
AF	GP230AFH	1,2	2350	17	50,2	36
7/5 AF	GP350AFM	1,2	3580	17,2	67	52
1/3 N	GP11NH	1,2	130	11,5	11,5	3,5
1/2 N	GP18NH	1,2	200	11,5	16,7	5,3
N	GP36NH	1,2	380	11,5	29,3	8,6
18210	GP80LAH	1,2	860	18,3	21,5	17
4/5 Sub-C	GP170SCH	1,2	1870	23	34	46
Sub-C	GP220SCH	1,2	2420	23	43	55
D	GP450DH	1,2	4725	33	60	130

Температура заряда 0...45 °C.

Температура скоростного разряда 10...45 °C.

Температура разряда -20...50 °C.

Температура хранения -20...35 °C.

9-вольтовые никель-металлгидридные аккумуляторы GP (9V Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
9V	GP15F7H	7,2	165	17,5(Т)	48,5(Н)	39
9V	GP15F8H	8,4	165	17,5(Т)	48,5(Н)	42

Температура заряда -10...40 °С.
Температура разряда -20...40 °С.
Температура хранения -20...35 °С.

Призматические никель-металлгидридные аккумуляторы GP (Prismatic Series)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Размеры, мм	Вес, г
Prismatic	GP4M	1,2	440	6,1(Т) 17,0(Ш) 31,3(В)	10,3
Prismatic	GP5M	1,2	550	6,1(Т) 17,0(Ш) 35,3(В)	12
Prismatic	GP5M60	1,2	600	6,1(Т) 17,0(Ш) 35,3(В)	11
Prismatic	GPF6M	1,2	600	6,7(Т) 16,1(Ш) 33,8(В)	11
Prismatic	GP7M	1,2	750	6,1(Т) 17,0(Ш) 48,0(В)	16,7
Prismatic	GP8M	1,2	850	6,1(Т) 17,0(Ш) 48,0(В)	17

Prismatic Series (продолжение)

Типоразмер	Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость при токе разряда 0,2С, мА·ч	Размеры, мм	Вес, г
Prismatic	GP10H	1,2	1100	8,3(Т) 17,0(Ш) 48,0(В)	22,5
Prismatic	GP10M	1,2	1100	6,1(Т) 17,0(Ш) 67,0(В)	21,6
Prismatic	GP14M	1,2	1400	6,1(Т) 17,0(Ш) 67,0(В)	23

Температура заряда 0...45 °С.

Температура разряда -20...50 °С.

Температура хранения -20...35 °С.

Цилиндрические литий-ионные аккумуляторные батареи GP

Модель	Номинальное напряжение, В	Типовая емкость, мА·ч	Размеры, мм		Вес, г	Макс. ток разряда, мА	Макс. напряжение заряда, В
			Диаметр	Высота			
GP1029L15	3,7	155	10,5	29	5,45	300	4,2
GP1051L35	3,7	350	10,5	51	10,4	700	4,2
GP1443L58	3,7	580	14	43	16	870	4,2
GP1450L70	3,7	700	14	50	19	1050	4,2
GP1750L110	3,7	1100	17	50	26	1650	4,2
GP1767L125	3,7	1280	17,3	67,3	38	1800	4,1
GP1767L160	3,7	1600	17	67	37	2400	4,2
GP1850L120	3,7	1230	18,3	50	32	1800	4,2
GP1850L130	3,7	1300	18,3	50	31	1950	4,2
GP1865L180	3,7	1800	18,3	65,2	41	2700	4,2
GP1865L200	3,7	2000	18,3	65,2	43	3000	4,2

Призматические литий-ионные аккумуляторные батареи GP

Модель	Номиналь- ное напря- жение, В	Типовая ем- кость, мА·ч	Размеры, мм	Вес, г	Макс. ток разряда, мА	Макс. на- пряжение заряда, В
GP363450L58	3,7	580	3,6(Т)×34,0(Ш)×50,0(В)	16	1160	4,2
GP383455L63	3,7	630	3,8(Т)×34,0(Ш)×55,0(В)	18	1260	4,2
GP413048L57	3,7	570	4,1(Т)×30,0(Ш)×48,0(В)	16	1140	4,2
GP413450L72	3,7	720	4,1(Т)×34,0(Ш)×50,0(В)	17	1440	4,2
GP503020L21	3,7	210	5,0(Т)×30,0(Ш)×20,0(В)	7	420	4,2
GP503042L54	3,7	540	5,0(Т)×30,0(Ш)×42,0(В)	15	1080	4,2
GP503048L72	3,7	720	5,0(Т)×30,0(Ш)×48,0(В)	18	1440	4,2
GP582248L52	3,7	520	5,8(Т)×22,0(Ш)×48,0(В)	18	1040	4,2
GP603450L95	3,7	950	6,0(Т)×34,0(Ш)×50,0(В)	24	1900	4,2
GP623048L95	3,7	850	6,2(Т)×30,0(Ш)×48,0(В)	20	1700	4,2
GP813433L70	3,7	700	8,1(Т)×34,0(Ш)×33,0(В)	29	1400	4,2
GP901940L63R	3,7	630	9,0(Т)×19,0(Ш)×40,0(В)	16	1260	4,2
GP901948L80R	3,7	800	9,0(Т)×19,0(Ш)×48,0(В)	20	1600	4,2
GP103448L155	3,7	1550	10,0(Т)×34,0(Ш)×48,0(В)	39	3100	4,2
GP103450L165R	3,7	1650	10,0(Т)×34,0(Ш)×50,0(В)	41	3300	4,2

Приложение 2

Технические характеристики аккумуляторов Panasonic

Цилиндрические никель-кадмиевые аккумуляторные батареи PANASONIC

Модель	Тип	Номинальное на- пряжение, В	Средняя ем- кость, мА·ч	Размеры, мм		Вес, г	Типоразмер
				Диаметр	Высота		
P-11AA	N	1,2	120	14,5	17,5	6,5	1/3AA
P-11AAH	H	1,2	120	14,5	17,5	6,5	1/3AA
P-18N	N	1,2	190	12	30	8	N
P-25AA/B	N	1,2	280	10,5	44,5	10	AAA
P-25AAR/FT	R	1,2	280	10,5	44,5	10	AAA
P-30AAR	R	1,2	330	14,5	28,2	12	2/3AA
P-50AAH	H	1,2	580	14,5	48,3	21	AA
P-60AA/B	N	1,2	640	14,5	50	21	AA
P-60AAR/FT	R	1,2	640	14,5	48,3	21	AA
P-60AS	S	1,2	660	17	28,5	18	2/3A
P-70AA/B	N	1,2	740	14,5	50	22	AA
P-70AAR/FT	R	1,2	740	14,5	48,3	22	AA
P-100AASJ/B	S	1,2	1080	14,5	50	23	AA
P-100AASJ/FT	S	1,2	1080	14,5	50	23	AA
P-110AS	S	1,2	1180	17	43	25	4/5A
P-120AH	H	1,2	1250	17	67	25	L-A
P-120AS	S	1,2	1280	17	43	26	4/5A
P-120AAS	S	1,2	1280	14,5	65	31	L-AA

Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи PANASONIC (продолжение)

Модель	Тип	Номинальное напряжение, В	Средняя емкость, мА·ч	Размеры, мм		Вес, г	Типоразмер
				Диаметр	Высота		
P-120SCH	H	1,2	1350	23	43	48	SC
P-120SCK	K	1,2	1350	23	43	48	SC
P-120SCPJ	P	1,2	1350	23	34	39	4/5SC
P-120SCPM	P	1,2	1350	23	43	47	SC
P-120SCRJ	R	1,2	1350	23	33	38	4/5SC
P-130SCC	R	1,2	1450	23	42	47	CSC
P-130SCR	R	1,2	1450	23	43	47	SC
P-140AS	S	1,2	1530	17	50	32	A
P-150AS	S	1,2	1530	17	43	27	4/5A
P-140SCC	R	1,2	1550	23	42	48	CSC
P-140SCR	R	1,2	1550	23	43	48	SC
P-170SCRIP	P	1,2	1800	23	43	49	SC
P-180SCR	R	1,2	1950	23	43	49	SC
P-200SCP	P	1,2	2100	23	43	52	SC
P-200CK	K	1,2	2300	25,8	50	52	C
P-230SCS	S	1,2	2490	23	50	52	L-SC
P-230CH	H	1,2	2500	25,8	50	78	C
P-240C	N	1,2	2600	25,8	50	75	C
P-280CR	R	1,2	3000	25,8	50	79	C
P-400DH	H	1,2	4400	33	61	139	D
P-400DK	K	1,2	4400	33	61	139	D
P-440D	N	1,2	4600	33	61	139	D
P-500DR	R	1,2	5500	33	61	145	D

Примечания:

1. Тип N — стандартный аккумулятор.
2. Тип S — аккумулятор с высокой емкостью.
3. Тип R — допускает ускоренный заряд (скоростной и быстрый).
4. Тип P — допускает глубокий разряд и ускоренный заряд.
5. Тип H — допускает капельную подзарядку при высокой температуре среды.
6. Тип K — допускает капельную подзарядку при низкой температуре среды.

Цилиндрические никель-металлгидридные аккумуляторные батареи PANASONIC

Модель	Тип	Номинальное на- пряжение, В	Средняя ем- кость, мА·ч	Размеры, мм		Вес, г	Типоразмер
				Диаметр	Высота		
P-11AA	N	1,2	120	14,5	17,5	6,5	1/3AA
P-11AAH	H	1,2	120	14,5	17,5	6,5	1/3AA
P-18N	N	1,2	190	12,0	30,0	8	N
P-25AAA/B	N	1,2	280	10,5	44,5	10	AAA
P-25AAAR/FT	R	1,2	280	10,5	44,5	10	AAA
P-30AAR	R	1,2	330	14,5	28,2	12	2/3AA
P-50AAH	H	1,2	580	14,5	48,3	21	AA
P-60AA/B	N	1,2	640	14,5	50,0	21	AA
P-60AAR/FT	R	1,2	640	14,5	48,3	21	AA
P-60AS	S	1,2	660	17,0	28,5	18	2/3A
P-70AA/B	N	1,2	740	14,5	50,0	22	AA
P-70AARC/FT	R	1,2	740	14,5	48,3	22	AA
P-100AAS/J/B	S	1,2	1080	14,5	50,0	23	AA
P-100AAS/J/FT	S	1,2	1080	14,5	50,0	23	AA
P-110AS	S	1,2	1180	17,0	43,0	25	4/5A
P-120AH	H	1,2	1250	17,0	67,0	43	L-A
P-120AS	S	1,2	1280	17,0	43,0	26	4/5A
P-120AAS	S	1,2	1280	14,5	65,0	31	L-AA
P-120SCH	H	1,2	1350	23,0	43,0	48	SC
P-120SCK	K	1,2	1350	23,0	43,0	48	SC
P-120SCPJ	P	1,2	1350	23,0	34,0	39	4/5SC
P-120SCPM	P	1,2	1350	23,0	43,0	47	SC
P-120SCRJ	R	1,2	1350	23,0	33,0	38	4/5SC
P-130SCC	R	1,2	1450	23,0	42,0	47	CSC

Никель-металлгидридные аккумуляторные батареи PANASONIC (продолжение)

Модель	Тип	Номинальное напряжение, В	Средняя емкость, мА·ч	Размеры, мм		Вес, г	Типоразмер
				Диаметр	Высота		
P-130SCR	R	1,2	1450	23,0	43,0	47	SC
P-140AS	S	1,2	1530	17,0	50,0	32	A
P-150AS	S	1,2	1530	17,0	43,0	27	4/5A
P-140SCC	R	1,2	1550	23,0	42,0	48	CSC
P-140SCR	R	1,2	1550	23,0	43,0	48	SC
P-170SCRП	P	1,2	1800	23,0	43,0	49	SC
P-180SCR	R	1,2	1950	23,0	43,0	49	SC
P-200SCP	P	1,2	2100	23,0	43,0	52	SC
P-200CK	K	1,2	2300	25,8	50,0	78	C
P-230SCS	S	1,2	2490	23,0	50,0	57	L-SC
P-230CH	H	1,2	2500	25,8	50,0	78	C
P-240C	N	1,2	2600	25,8	50,0	75	C
P-280CR	R	1,2	3000	25,8	50,0	79	C
P-400DH	H	1,2	4400	33,0	61,0	139	D
P-400DK	K	1,2	4400	33,0	61,0	139	D
P-440D	N	1,2	4600	33,0	61,0	139	D

Примечания:

1. Тип N – стандартный аккумулятор.
2. Тип S – аккумулятор с высокой емкостью.
3. Тип R – допускает ускоренный заряд (скоростной и быстрый).
4. Тип P – допускает глубокий разряд и ускоренный заряд.
5. Тип H – допускает капельную подзарядку при высокой температуре среды.
6. Тип K – допускает капельную подзарядку при низкой температуре среды.

Литий-ионные аккумуляторные батареи PANASONIC

Цилиндрические батареи					
Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
CGR17500	3,6	830	16,9	49,6	25
CGR18650HG	3,6	1800	18,5	65,0	42
CGR18650A	3,6	2000	18,5	65,0	43
Примечание: напряжение заряда 4,2 В.					

Призматические батареи						
Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость, мА·ч	Ширина, мм	Высота, мм	Толщина, мм	Вес, г
CGA5330481	3,6	750	30,0	48,1	5,35	16,5
CGA633450A1	3,6	1035	34,0	50,0	6,35	24
CGA103450	3,6	1800	34,0	50,0	10,5	39
Примечание: напряжение заряда 4,2 В; предназначены только для одиночного применения.						

Таблеточный элемент					
Модель	Номинал. напряжение, В	Типовая емкость, мА·ч	Ширина, мм	Толщина, мм	Вес, г
CGL3032	3,6	130	30,0	3,2	7

Приложение 3

Технические характеристики цилиндрических таблеточных аккумуляторов

Тип	Напряже- ние, В	Емкость, А·ч	Ток разря- да, мА	Ток заряда, мА	Диаметр, мм	Высота корпу- са, мм	Вес, г
Цилиндрические таблеточные NiCd аккумуляторы (Россия)							
Д-0,02Д	1,25	0,02	2...4	2	11,6	4,2	—
Д-0,03Д	1,25	0,03	3...6	3	11,6	5,4	2
Д-0,05Д	1,25	0,05	5...10	5	15,5	4,9	—
Д-0,06	1,25	0,06	6...12	6	15,6	6,1	3,6
Д-0,08Д	1,25	0,08	8...16	8	15,5	7	—
Д-0,1	1,25	0,1	10...20	10	20	6,9	7
Д-0,125Д	1,25	0,125	12...24	12,5	20	6,6	6,4
Д-0,2Д	1,25	0,2	20...40	20	25	7	—
Д-0,26Д	1,25	0,26	25...50	25	25,2	9,2	13
Д-0,3Д	1,25	0,3	30...60	30	25	9,4	—
Д-0,55Д	1,25	0,55	50...100	50	34,6	9,8	27,2
Д-0,8Д	1,25	0,80	80...160	80	50	7,7	—
7Д-0,125Д	8,4	0,125	10...20	10	24	58	50
10Д-0,55С1	12	0,55	25...50	20	35,6	112	310
Цилиндрические таблеточные NiCd и NiMH аккумуляторы Varta (Германия)							
RX 01	1,24	0,15	30	15	12,9	29	9
RX 03	1,24	0,2	40	20	10,5	44	10
RX 6	1,24	0,75	150	75	14,5	50,3	24
RX 14	1,24	1,4	280	140	26	49	55
RX 20	1,24	4	800	400	33,5	61	147
RX 20	1,24	1,4	280	140	33,5	61	78
V7/8R	9	0,11	22	11	26,5x15,7x48,5		47

Цилиндрические таблеточные аккумуляторы (продолжение)

Тип	Напряже- ние, В	Емкость, А·ч	Ток разря- да, мА	Ток заряда, мА	Диаметр, мм	Высота корпу- са, мм	Вес, г
Phone T	3,6	0,28	56	28	48,0x52,0x10,6		36
Phone S	3,6	0,28	56	28	26	32	36
3/V60H	3,6	0,06	12	6	16	19,9	12
Цилиндрические таблеточные NiCd аккумуляторы GP (США)							
Серия Standard							
GP2BNH	1,2	0,002	—	0,2	6,95	1,75	0,31
GP15BNH	1,2	0,015	—	1,5	9,5	2,6	0,7
GP20BNH	1,2	0,02	—	2	11,5	2,25	1,0
GP25BNH	1,2	0,025	—	2,5	11,6	3,5	1,4
GP40BVH	1,2	0,04	—	4	11,6	5,5	1,9
GP80BVH	1,2	0,08	—	8	15,5	6,3	3,7
GP150BVH	1,2	0,12	—	12	15,5	7,8	4,8
GP250BVH	1,2	0,25	—	25	25	6,4	10,9
GP320BVH	1,2	0,32	—	32	25	8,7	14,1
Серия Economy							
GP30BVH	1,2	0,03	—	3	11,6	5,5	1,9
GP60BVH	1,2	0,06	—	6	15,5	6,3	3,6
GP170BVH	1,2	0,17	—	17	25	6,4	9,8
GP280BVH	1,2	0,28	—	28	25	8,7	12,6

3-вольтовые таблеточные литий-ионные аккумуляторы SANYO серии ML

Тип	Емкость, мА·ч	Номинальный ток заряда/раз- ряда, мА	Макс. непре- рывный ток раз- ряда, мА	Макс. импуль- сный ток разря- да, мА	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес, г
ML614	2	0,015	0,3	1	6,8	1,4	0,18
ML621	3,5	0,015	0,3	1	6,8	2,1	0,3
ML1220	12	0,1	2	5	12,5	2	0,8
ML2016	25	0,3	8	20	20	1,6	1,8
ML2430	90	0,5	10	20	24,5	3	4,1

Приложение 4

Технические характеристики свинцово-кислотных батарей некоторых производителей

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи FIAMM

Тип батареи	Напряжение, В	Емкость, А·ч	Габариты, мм			Вес, кг
			длина	ширина	высота	
FG 10121	6	1,2	97	24,5	50,5	0,3
FG 10301	6	3	134	34	60	0,69
FG 10401	6	4	70	48	102	0,82
FG 11001	6	10	151	50	94	2,1
FG 11201	6	12	151	50	94	2,1
FG 20121	12	1,2	97	48,5	50,5	0,58
FG 20201	12	2	178	34	60	0,89
FG 20401	12	4	90	70	102	1,6
FG 20721	12	7,2	151	65	94	2,6
FG 21202	12	12	151	98	94	4,2
FG 21803	12	18	181	76	167	5,8
FG 22703	12	27	166	175	125	8,6
FG 24204	12	42	196	163	174	13
FG 27004	12	70	350	166	174	22,8

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи GP

Тип батареи	Напряжение, В	Емкость, А·ч	Габариты, мм			Вес, кг
			длина	ширина	высота	
GP 633	6	3,3	134	34	60	0,62
GP 645	6	4,5	70	48	102	0,8
GP 670	6	7	151	34	97,5	1,2
GP 6110	6	11	151	50	97,5	1,9
GP 1213	12	1,3	97	43	54,5	0,56
GP 1222	12	2,2	178	34	64	0,93
GP 1245	12	4,5	93	70	102	1,8
GP 1270	12	7	151	65	94	2,6
GP 12110	12	11	151	98	94	4,1
GP 12170	12	17	181	76	167	6,1
GP 12260	12	26	166	175	125	9
GP 12400	12	40	197	165	170	14
GP 12650	12	65	350	166	174	22

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи YUASA

Тип батареи	Напряжение, В	Емкость, А·ч	Габариты, мм			Вес, кг
			длина	ширина	высота	
NP3-6	6	3	134	34	64	0,63
NP7-6	6	7	151	34	97,5	1,32
NP10-6	6	10	151	50	97,5	1,93
NP12-6	6	12	151	50	97,5	20,5
NP1,2-12	12	1,2	97	48	54,5	0,57
NP2,3-12	12	2,3	178	34	64	0,94
NP4-12	12	4	90	70	106	1,57
NP7-12	12	7	151	65	97,5	2,65
NP12-12	12	12	151	98	97,5	4,09
NP15-12	12	15	181	76	167	5,97
NP24-12	12	24	166	175	125	8,92
NP38-12	12	38	197	165	170	13,93
NP65-12	12	65	350	166	174	22,82

Технические характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов НОРРЕСКЕ

Тип батареи	Области применения	Напр., В	Диапазон емкостей, А·ч	Конструкция	Тип электродов	Вид электролита	Диапазон времени разряда	Срок службы, лет
GroE	Электростанции, подстанции, запуск дизелей	2	75...2600	Закрытая	Планте	Жидкий	30 с — 10 ч	25 лет
OSP	Электростанции, подстанции, запуск дизелей	2	150...3500	Закрытая	Радиально-лучевой	Жидкий	1 мин — 10 ч	20 лет
OPzS	Телекоммуникации	2	150...12000	Закрытая	Ланцирный	Жидкий	15 мин — 10 ч	20 лет
OGi	Электростанции, запуск дизелей	2	200...3500	Закрытая	Намазной	Жидкий	1 мин — 10 ч	20 лет
OGi bloc	Электростанции, запуск дизелей	4	224...256	Закрытая	Намазной	Жидкий	1 мин — 10 ч	15 лет
OPzV	Телекоммуникации, ИБП, системы сигнализации и управления	2	200...3000	Герметизир.	Панцирный	Гель	15 мин — 10 ч	20 лет
OGIV	Системы бесперебойного питания, телекоммуникации	4	224...256	Герметизир.	Намазной	Абсорбир. электролит	1 мин — 10 ч	10—12 лет
OGi bloc dry	Системы бесперебойного питания, телекоммуникации	12	30...100	Герметизир.	Намазной	Абсорбир. электролит	1 мин — 10 ч	10—12 лет

Технические характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов Coslight

Тип батареи	Области применения	Напр., В	Диапазон емкостей, А·ч	Конструкция	Тип электродов	Вид электролита	Время разряда	Срок службы, лет
6-GFM	ИБП, охранно-пожарные системы, телекоммуникации	12	1,2–200	Герметизир.	Намазные	Абсорбир. (AGM)	10 мин – 20 ч	5
6-GFM(C)	ИБП, энергетика, системы телекоммуникаций	12	38–160	Герметизир.	Намазные	Абсорбир. (AGM)	5 мин – 20 ч	10
GFM(Z)	Энергетика, системы телекоммуникаций	2	200–3900	Герметизир.	Намазные	Абсорбир. (AGM)	10 мин – 10 ч	15

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи Casil

Тип батареи	Напряжение, В	Емкость, А·ч	Габариты, мм			Вес, кг
			длина	ширина	высота	
CA 632	6	3,2	123	32	60	0,6
CA 645	6	4,5	70	47	101	0,82
CA 690	6	9	151	50	94	2,1
CA 1213	12	1,3	97	43	53	0,58
CA 1222	12	2,2	178	34	60	0,93
CA 1233	12	3,3	134	67	60	1,3
CA 1240	12	4	90	70	101	1,62
CA 1270	12	7	151	65	95	2,62
CA 12120	12	12	151	99	96	4
CA 12180	12	18	181	76	167	6,1
CA 12260	12	26	166	175	125	9,07
CA 12400	12	40	197	165	170	14
CA 12650	12	65	350	167	178	26
CA 121000	12	100	415	173	224	34
CA 121500	12	150	495	205	209	54,2
CA 122000	12	200	497	258	209	67,6

Приложение 5

Обозначения, наносимые на корпусе свинцово-кислотных батарей

Герметизированные
аккумуляторы



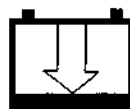
Подлежат вторичной
переработке

Намазные
пластины



Срок службы
10 лет

Номинальная емкость
от 12 до 180 А·ч



Защита от глубокого
разряда

Абсолютно
необслуживаемые



Блочное
исполнение

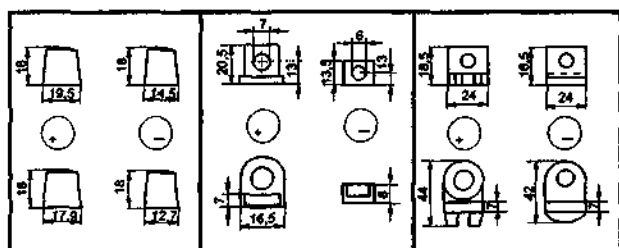
Приложение 6

Расположение перемычек свинцово-кислотных батарей в соответствии со стандартами DIN

	0	1	3	4
6-вольтовые				
12-вольтовые				

Приложение 7

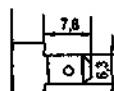
Внешний вид выводов аккумуляторных батарей



G-вывод



A-вывод



толщ. 0,8

SR-вывод

Приложение 8

Особенности маркировки аккумуляторных батарей мобильных телефонов

В мобильных телефонах используются никель-металлгидридные и литий-ионные аккумуляторные батареи различных производителей. Для потребителя важно знать дату выпуска приобретаемого аккумулятора, особенно если он литий-ионный. Эта дата кодируется: год кодируется буквой (К — 1998, L — 1999, М — 2000, N — 2001, О — 2002, Р — 2003), месяц — цифрой 1...9 с января по сентябрь, буквой О — октябрь, N — ноябрь, D — декабрь.

Литий-ионные аккумуляторы имеют встроенный резистор, по сопротивлению которого зарядное устройство определяет производителя установленного аккумулятора:

- 8,2 кОм — Panasonic;
- 15 кОм — NEC;
- 27 кОм — Sanyo;
- 56 кОм — не определено.

Примеры маркировки аккумуляторных батарей

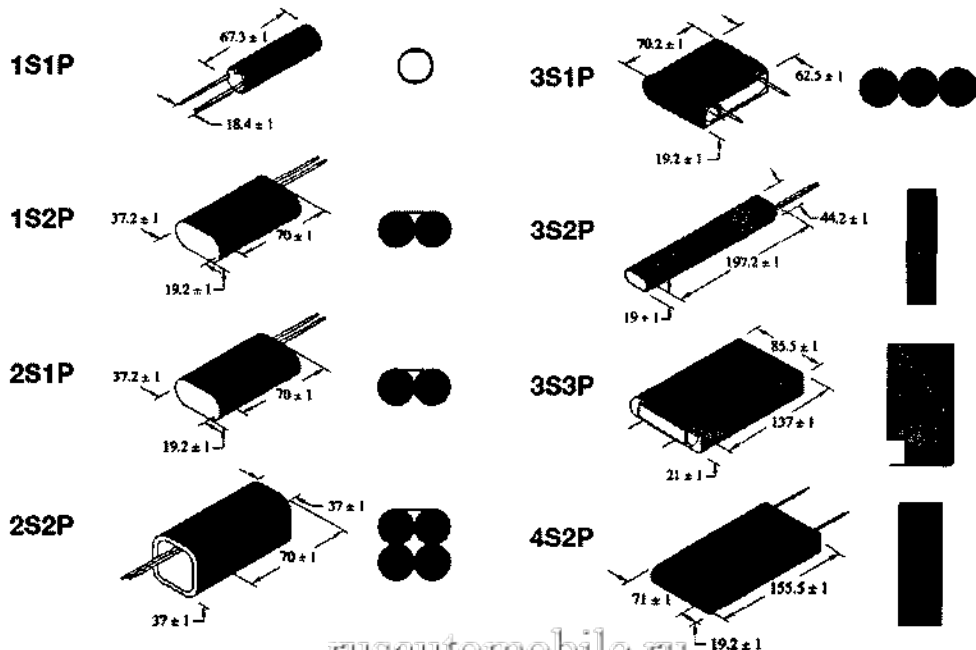
PAN M4 — батарея производства компании Panasonic, выпущена в апреле 2000 г.

O 7 08 20 M — батарея производства компании Maxell, выпущена 8 июля 2002 г. (O 7 08), ее элементы выпущены на 20-й неделе того же года, производитель — завод в Великобритании (код M, код E — Германия).

TOS 8 N9 VA 1 — в батарее использованы элементы компании Toshiba (TOS) восьмой модификации, батарея выпущена в сентябре 2001 г., производитель — компания Varta (VA), завод в Германии (код 1; код 2 — в Чехии).

Приложение 9

Варианты конструктивного исполнения литий-ионных аккумуляторных батарей



Приложение 10

Основные характеристики микросхем зарядных устройств фирмы MAXIM

Тип и описание	Кол-во NiCd, NiMH элементов	Кол-во Li-Ion элементов	Типы заряжаемых элементов	Метод заряда	Метод завершения заряда	Режим работы	Интерфейс
MAX1612: 5-вольтовый контроллер мостовой батареи резервного питания для ноутбуков	2...3		NiCd, NiMH	Нормальный	По таймеру	Линейный	μP
MAX1613: 3,3-вольтовый контроллер мостовой батареи резервного питания для ноутбуков	2...3		NiCd, NiMH	Нормальный	По таймеру	Линейный	μP
MAX1640: регулируемый выход, импульсный источник тока с синхронным выпрямителем и токовым датчиком (по высокой стороне)	2...16	1...6	Li-Ion, NiCd, NiMH	Быстрый, нормальный, компенсирующий	По пороговому напряжению, току	Ключевой	μP
MAX1641: регулируемый выход, импульсный источник тока с синхронным выпрямителем и токовым датчиком (по низкой стороне)	2...16	1...6	Li-Ion, NiCd, NiMH	Быстрый, нормальный, компенсирующий	По пороговому напряжению, току	Ключевой	μP
MAX1645: улучшенное зарядное устройство для аккумуляторов любого типа уровня 2 с ограничителем входного тока	1...8	1...4	Lead Acid, Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Устанавливается смарт-батареи	Определяется по уровню 2 смарт-батареи	Ключевой	SMBus
MAX1645A: улучшенное зарядное устройство для аккумуляторов любого типа уровня 2 с ограничителем входного тока	1...8	1...4	Lead Acid, Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Устанавливается смарт-батареи	Определяется по уровню 2 смарт-батареи	Ключевой	SMBus

Тип и описание	Кол-во NiCD, NiMH элементов	Кол-во Li-Ion элементов	Типы заряжаемых элементов	Метод заряда	Метод завершения заряда	Режим работы	Интерфейс
MAX1647: улучшенное зарядное устройство для аккумуляторов любого типа	1...8	1...4	Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Программируемый	По пороговому напряжению, току, температуре	Ключевой	SMBus
MAX1648: улучшенное зарядное устройство для аккумуляторов любого типа	1...8	1...4	Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току, температуре	Ключевой	SMBus
MAX1667: улучшенное зарядное устройство для смарт-батарей любого типа уровня 2	1...8	1...4	Lead Acid, Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Устанавливается смарт-батареями	Определяется по уровню 2 смарт-батарей	Ключевой	SMBus
MAX1679: зарядное устройство для одноэлементных литий-ионных батарей и использования с источниками питания с ограниченным пределом по току		1	Li-Ion	Быстрый, начальный, подзарядка постоянным током	По пороговому току, по таймеру	Ключевой	—
MAX1736: зарядное устройство для одноэлементных литий-ионных батарей и использования с источниками питания с ограниченным пределом по току в корпусе SOT23		1	Li-Ion	Быстрый, начальный, подзарядка постоянным током	По пороговому напряжению, току	Ключевой	—
MAX1737: автономный импульсный контроллер заряда литий-ионных батарей		1...4	Li-Ion	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току, температуре, таймеру	Ключевой	—
MAX1757: автономный импульсный контроллер заряда литий-ионных батарей со встроенным 14-вольтовым ключом		1...3	Li-Ion	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току, температуре, таймеру	Ключевой	—
MAX1758: автономный импульсный контроллер заряда литий-ионных батарей со встроенным 28-вольтовым ключом		1...4	Li-Ion	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току, температуре, таймеру	Ключевой	—

Тип и описание	Кол-во NiCD, NiMH элементов	Кол-во Li-Ion элементов	Типы заряжаемых элементов	Метод заряда	Метод завершения заряда	Режим работы	Интерфейс
MAX1772: недорогое универсальное зарядное устройство	2...4	2...4	Lead Acid, Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току	Ключевой	—
MAX1811: зарядное устройство литий-ионных батарей с питанием по шине USB		1	Li-Ion	Быстрый, подзарядка постоянным током	По пороговому напряжению, току	Линейный	—
MAX1873: простой импульсный контроллер заряда литий-ионных батарей с ограничением тока	6, 9 или 10	2...4	Li-Ion, NiCd, NiMH, универс.	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току	Ключевой	—
MAX1879: простое эффективное импульсное зарядное устройство для 1-элементных литий-ионных батарей		1	Li-Ion	Быстрый, подзарядка постоянным током	По пороговому току	Ключевой	—
MAX712: контроллер быстрого заряда никель-металлгидридных батарей	1...16		NiMH	Быстрый, компенсирующий	-deltaV, по макс. температуре, по таймеру, по макс. напряжению	Линейный	—
MAX713: контроллер быстрого заряда никель-кадмиевых батарей	1...16		NiCd, NiMH	Быстрый, компенсирующий	-deltaV, по макс. температуре, по таймеру, по макс. напряжению	Линейный	—
MAX745: импульсное зарядное устройство литий-ионных батарей	1...4	1...4	Li-Ion	Устанавливается резисторами	По пороговому напряжению, току, температуре	Ключевой	—
MAX846A: недорогая универсальная зарядная система	1...16	1...6	Li-Ion, NiCd, NiMH	Быстрый, подзарядка постоянным током, компенсирующий	Универсальное зарядное устройство, режим устанавливается пользователем	Линейный	μP

Приложение 11

Основные характеристики микросхем зарядных устройств фирмы Unitrode

Тип	Назначение	Тип зарядного устройства	Метод завершения заряда	Наличие таймера отключения	Мониторинг температуры	Кол-во выходов сигнала состояния заряда
BQ2000	Контроллер заряда NiCd, NiMH, Li-Ion и свинцово-кислотных аккумуляторов	Ключевое	По пиковому напряжению, по минимальному току	Да	Да	1
BQ2000T	Контроллер заряда NiCd, NiMH, Li-Ion и свинцово-кислотных аккумуляторов	Ключевое	ΔT , по минимальному току	Да	Да	1
BQ2002	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	$-\Delta V$, по пиковому напряжению	Да	Да	1
BQ2002C	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	$-\Delta V$, по пиковому напряжению	Да	Да	1
BQ2002D	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	ΔT	Да	Да	1

Тип	Назначение	Тип зарядного устройства	Метод завершения заряда	Наличие таймера отключения	Мониторинг температуры	Кол-во выходов сигнала состояния заряда
BQ2002E	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	$-\Delta V$, по пиковому напряжению	Да	Да	1
BQ2002F	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	$-\Delta V$, по пиковому напряжению Δ	Да	Да	1
BQ2002G	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	$-\Delta V$, по пиковому напряжению	Да	Да	1
BQ2002T	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	С ограничением тока заряда	ΔT	Да	Да	1
BQ2003	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	Ключевое	$-\Delta V$, ΔT	Да	Да	2
BQ2004	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	Ключевое	$-\Delta V$, по пиковому напряжению, ΔT	Да	Да	2
BQ2004E	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	Ключевое	$-\Delta V$, по пиковому напряжению, ΔT	Да	Да	2
BQ2004H	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	Ключевое	$-\Delta V$, по пиковому напряжению, ΔT	Да	Да	2
BQ2005	Контроллер заряда NiCd и NiMH аккумуляторов	Ключевое	$-\Delta V$, ΔT	Да	Да	4

Тип	Назначение	Тип зарядного устройства	Метод завершения заряда	Наличие таймера отключения	Мониторинг температуры	Кол-во выходов сигнала состояния заряда
BQ2031	Контроллер заряда свинцово-кислотных аккумуляторов	Ключевое	по максимальному напряжению, $-\Delta V$, по минимальному току	Да	Да	3
BQ2054	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Ключевое	По минимальному току	Да	Да	3
BQ2057	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Нет	Да	1
BQ2057C	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Нет	Да	1
BQ2057T	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Нет	Да	1
BQ2057W	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Нет	Да	1
BQ24001	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24002	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Да	Да	2
BQ24003	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24004	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24005	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Да	Да	2
BQ24006	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Линейное	По минимальному току	Да	Да	1

Тип	Назначение	Тип зарядного устройства	Метод завершения заряда	Наличие таймера отключения	Мониторинг температуры	Кол-во выходов сигнала состояния заряда
BQ24007	Контроллер заряда 1-элементных Li-Ion батарей для PDA со встроенным полевым транзистором и светодиодом	Линейное	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24008	Контроллер заряда 1-элементных Li-Ion батарей для PDA со встроенным полевым транзистором и двухцветным светодиодом	Линейное	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24200	Однокристалльная микросхема управления зарядом Li-Ion батареи	С ограничением тока заряда	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24201	Однокристалльная микросхема управления зарядом Li-Ion батареи	С ограничением тока заряда	По минимальному току	Да	Да	1
BQ24202	Однокристалльная микросхема управления зарядом Li-Ion батареи	С ограничением тока заряда	По минимальному току	Да	Нет	1
BQ24203	Однокристалльная микросхема управления зарядом Li-Ion батареи	С ограничением тока заряда	По минимальному току	Да	Нет	1
BQ24204	Однокристалльная микросхема управления зарядом Li-Ion батареи	С ограничением тока заряда	По минимальному току	Да	Нет	0
BQ24205	Однокристалльная микросхема управления зарядом Li-Ion батареи	С ограничением тока заряда	По минимальному току	Да	Да	0

Тип	Назначение	Тип зарядного устройства	Метод завершения заряда	Наличие таймера отключения	Мониторинг температуры	Кол-во выходов сигнала состояния заряда
BQ24400	Программируемое устройство скоростного заряда NiCd/NiMH аккумуляторов	Ключевое	По пиковому напряжению, по минимальному току	Да	Да	1
BQ24401	Программируемое устройство скоростного заряда NiCd/NiMH аккумуляторов	Ключевое	ΔT , по минимальному току	Да	Да	1
BQ24700	Battery Charger Controller and Selector with DPM	Ключевое	Управляется хост-устройством	Нет	Нет	0
BQ24701	Battery Charger Controller and Selector with DPM	Ключевое	Управляется хост-устройством	Нет	Нет	0
BQ2954	Контроллер заряда Li-Ion батарей	Ключевое	По минимальному току	Да	Да	2
UC2906	Контроллер заряда свинцово-кислотных аккумуляторов	Линейное	По максимальному напряжению, по минимальному току	Нет	Нет	1
UC2909	Контроллер заряда свинцово-кислотных аккумуляторов	Ключевое	По максимальному напряжению, по минимальному току	Нет	Да	2
UC3906	Контроллер заряда свинцово-кислотных аккумуляторов	Линейное	По максимальному напряжению, по минимальному току	Нет	Нет	1

Содержание

Введение	3
Глава 1. ТИПЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	7
1.1. Сравнение типов батарей	8
Глава 2. НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫЕ И НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛГИДРИДНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ	11
2.1. Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи	11
2.2. Никель-металлгидридные аккумуляторные батареи	13
2.3. Конструкция никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов	16
2.4. Конструкции никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей	20
2.5. Методы заряда никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей	25
2.6. Особенности заряда никель-металлгидридных аккумуляторных батарей	37
2.7. О зарядных устройствах никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторных батарей	40
Глава 3. СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫЕ БАТАРЕИ	45
3.1. Особенности конструкции свинцово-кислотных батарей	45
3.2. Заряд свинцово-кислотных аккумуляторных батарей	55
3.3. Аккумуляторные батареи в автомобиле	69
3.4. Особенности конструкции свинцово-кислотных аккумуляторов некоторых производителей	71
Глава 4. ЛИТИЙ-ИОННЫЕ И ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ	89
4.1. Особенности устройства литий-ионных аккумуляторных батарей	89
4.2. Особенности литий-полимерных аккумуляторных батарей	95
4.3. Корпуса литий-ионных батарей	97
4.4. Заряд литий-ионных батарей	101
4.5. Заряд литий-полимерных батарей	104

4.6. Устройства защиты литий-ионных аккумуляторных батарей	104
4.7. Заряд полностью разряженных литий-ионных аккумуляторных батарей	106
Глава 5. АЛКАЛИНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИОНИСТОРЫ	109
5.1. Алкалиновые элементы многократного использования	109
5.2. Ионисторы	111
5.3. Основные сведения по ионисторам отечественного производства	114
Глава 6. «РАЗУМНЫЕ» БАТАРЕИ	116
6.1. Системы с 1-проводным интерфейсом 1-Wire®	117
6.2. Системы с шиной SMBus	118
Глава 7. МЕТОДЫ РАЗРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	122
7.1. Зависимость тока разряда от емкости батарей	122
7.2. Глубина разряда	124
7.3. Импульсный разряд	128
7.4. Разряд при низких и высоких температурах	131
7.5. Принципы расчета батарей	133
Глава 8. СХЕМОТЕХНИКА ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ	138
8.1. Общие принципы построения зарядных устройств	138
8.2. Зарядные устройства никель-кадмиевых и никель-металлгидридных аккумуляторов	140
8.3. Контроль емкости никель-кадмиевых, никель-металлгидридных и литий-ионных аккумуляторов	152
8.4. Электронные модули «разумных» аккумуляторных батарей	157
8.5. Зарядные устройства свинцово-кислотных аккумуляторов	159
8.6. Любительские конструкции зарядных устройств и устройств контроля состояния батарей	169
Глава 9. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ	172
Глава 10. О ПРОИЗВОДСТВЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В РОССИИ	180
Приложение 1. Технические характеристики аккумуляторов	187

Приложение 2. Технические характеристики аккумуляторов Panasonic	195
Приложение 3. Технические характеристики цилиндрических таблеточных аккумуляторов	200
Приложение 4. Технические характеристики свинцово-кислотных батарей некоторых производителей	202
Приложение 5. Обозначения, наносимые на корпусе свинцово-кислотных батарей	206
Приложение 6. Расположение перемычек свинцово-кислотных батарей в соответствии со стандартами DIN	207
Приложение 7. Внешний вид выводов аккумуляторных батарей	207
Приложение 8. Особенности маркировки аккумуляторных батарей мобильных телефонов	208
Приложение 9. Варианты конструктивного исполнения литий-ионных аккумуляторных батарей	209
Приложение 10. Основные характеристики микросхем зарядных устройств фирмы MAXIM	210
Приложение 11. Основные характеристики микросхем зарядных устройств фирмы Unitrode	213

Хрусталеv Дмитрий Андреевич

Аккумуляторы

Редактор М. Д. Зверев

Корректор М. С. Суховицкая

Компьютерная верстка Д. А. Хрусталева

Сдано в набор 10.01.2003. Подписано в печать 01.02.2003. Формат 60×88/16.

Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 14. Уч.-изд. л. 14,63.

Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Тираж 5000 экз.

Заказ № 672.

ООО «Изумруд»

124239, Москва, ул. Новопетровская, д.10

Тел./факс: (095) 364-01-78

E-mail: ds@techbooks.ru

<http://www.techbooks.ru>

**Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»,
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.
Тел. 554-21-86**