

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

К Р А Т К И Й С П Р А В О Ч Н И К



- УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ
- ЭКСПЛУАТАЦИЯ
- ДЕФЕКТЫ
- МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ
- ВЫБОР

ОК 005-93, т.2; 953750
УДК 629.113.004.5
ББК 39.33-04
К96

Авторы выражают признательность к. т. н. О.В. Арсентьеву
и инженеру С.А. Дементьеву за оказанную помощь

Справочное издание
**Курзуков Николай Иванович,
Ягнятинский Владимир Матвеевич**
АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ
Краткий справочник

Редактор Николай Щербаков

Художественное оформление
Обложка и макет Роман Корнилов
Верстка Дмитрий Исправник
Рисунки Александр Перфильев
Корректор Валентина Агеева

Подписано в печать 27.05.08.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,12.
Тираж 2 500 экз. Заказ . Цена свободная.

ООО «Книжное издательство «За рулем»
107045, Москва, Селивёрстов пер., д. 10, стр. 1
Для писем: 107150, Москва, 5-й проезд Подбельского, д. 4а
<http://knigi.zr.ru>

Отпечатано в ООО «Чебоксарская типография №1»
428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 15

Курзуков Н. И., Ягнятинский В. М.

К96 Аккумуляторные батареи. Краткий справочник. — М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2008. — 88 с.: ил., табл.

ISBN 978-5-9698-0236-0

В справочнике даны устройство, принцип действия автомобильных свинцовых стартерных аккумуляторных батарей, описаны происходящие в них электрохимические процессы. Приведены свойства и особенности, которые позволят читателю максимально использовать потенциал работоспособности и долговечности батарей. Рассмотрены основные дефекты батарей, причины отказов, связанные с нарушением условий эксплуатации. Изложение нацелено на более глубокое понимание автомобилистами связи параметров электрооборудования и режима работы автомобиля с текущим состоянием батареи, влияющим на увеличение срока ее эксплуатации.

Издание предназначено владельцам автомобилей, работникам ремонтных и торговых фирм, а также изучающим устройство транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания.

Редакция и/или издатель не несет ответственности за несчастные случаи, травматизм и повреждение техники, произошедшие в результате использования данного руководства, а также за изменения, внесенные в конструкцию заводом-изготовителем.

Перепечатка, копирование и воспроизведение в любой форме, включая электронную, запрещены.

УДК 629.113.004.5
ББК 39.33-04

ISBN 978-5-9698-0236-0

© Н.И. Курзуков, В.М. Ягнятинский, 2003
© ООО «Книжное издательство «За рулем», 2008

Содержание

4	ВВЕДЕНИЕ	53	Хранение залитых электролитом и заряженных батарей
6	НАЗНАЧЕНИЕ СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	54	Методы заряда батарей
		54	Заряд при постоянном токе
		57	Заряд при постоянном напряжении
8	ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАТАРЕЙ	59	ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ БАТАРЕЙ
8	Теоретические основы преобразования химической энергии в электрическую	59	Влияние условий эксплуатации на работоспособность батареи
9	Принцип действия и основные электрохимические процессы в свинцовом аккумуляторе	63	Требования к местам установки батареи
9	Разряд аккумулятора	63	Влияние основных изделий электрооборудования на состояние батареи
11	Заряд аккумулятора	64	Влияние регулятора напряжения генератора на заряженность батареи
12	Расход основных токообразующих реагентов	66	Причины неполного заряда батареи и мероприятия по их устранению
12	Маркировка батарей	67	Виды дефектов стартеров
14	Классификация батарей и их устройство	69	Виды дефектов батарей
14	Классическое (традиционное) исполнение	69	Производственные дефекты
23	Необслуживаемые батареи	72	Дефекты от нарушения условий эксплуатации
27	Герметизированные батареи с иммобилизованным электролитом	74	Методы обнаружения дефектов
28	Электрические характеристики батарей	76	Приборы для ухода за батареями при эксплуатации
28	Электродвижущая сила	77	Выбор батареи при покупке
29	Внутреннее сопротивление	78	Проверка работоспособности батареи
31	Напряжение при заряде и разряде	79	Использование для пуска двигателя батареи другого автомобиля («прикуривание»)
34	Емкость аккумулятора	80	Гарантийный срок и срок службы батарей
37	Энергия и мощность аккумулятора	82	МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С БАТАРЕЯМИ
39	Характеристики разряда батарей в различных режимах	82	Общие меры безопасности
42	Разрядная вольт-амперная характеристика батареи	82	Причины взрыва батарей
44	Саморазряд аккумулятора	83	Недопустимость слива электролита путем переворачивания батареи
47	ПОДГОТОВКА БАТАРЕЙ К ЭКСПЛУАТАЦИИ	84	Причины образования льда в батарее
47	Транспортирование батарей	85	Причины возгорания батарей
49	Хранение сухозаряженных батарей	86	ПРИЛОЖЕНИЕ
49	Приведение батарей в рабочее состояние		ТАБЛИЦА ПРИМЕНЯЕМОСТИ АКБ

1. НАЗНАЧЕНИЕ СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Основная функция батареи — надежный пуск двигателя. Другая функция — энергетический буфер при работающем двигателе. Ведь наряду с традиционными видами потребителей, появилось множество дополнительных сервисных устройств, улучшающих комфорт водителя и безопасность движения. Батарея компенсирует дефицит энергии при движении по городскому циклу с частыми и длительными остановками, когда генератор не всегда может обеспечить отдачу мощности, необходимую для полного обеспечения всех включенных потребителей. Третья рабочая функция — энергоснабжение при выключенном двигателе. Однако длительное использование электроприборов во время стоянки с неработающим двигателем (или двигателем, работающим на холостом ходу), приводит к глубокому разряду батареи и резкому снижению ее стартерных характеристик.

Батарея предназначена еще и для аварийного электропитания. При отказе генератора, выпрямителя, регулятора напряжения или при обрыве ремня генератора она должна обеспечить работу всех потребителей, необходимых для безопасного движения до ближайшей СТО.

Итак, стартерные батареи должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать нужный для работы стартера разрядный ток, то есть обладать малым внутренним сопротивлением для минимальных внутренних потерь напряжения внутри батареи;
- обеспечивать необходимое количество попыток пуска двигателя с установленной продолжительностью, то есть иметь необходимый запас энергии стартерного разряда;
- иметь достаточно большую мощность и энергию при минимально возможных размерах и массе;
- обладать запасом энергии для питания потребителей при неработающем двигателе или в аварийной ситуации (резервная емкость);
- сохранять необходимое для работы стартера напряжение при понижении температуры в заданных пределах (ток холодной прокрутки);
- сохранять в течение длительного времени работоспособность при повышенной (до 70 °С) температуре окружающей среды;

- принимать заряд для восстановления емкости, израсходованной на пуск двигателя и питание других потребителей, от генератора при работающем двигателе (прием заряда);
- не требовать специальной подготовки пользователей, обслуживания в процессе эксплуатации;
- иметь высокую механическую прочность, соответствующую условиям эксплуатации;
- сохранять указанные рабочие характеристики продолжительное время в процессе эксплуатации (срок службы);
- обладать незначительным саморазрядом;
- иметь невысокую стоимость.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАТАРЕЙ

2.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

Химическим источником тока называется устройство, в котором за счет протекания пространственно разделенных окислительно-восстановительных химических реакций их свободная энергия преобразуется в электрическую.

По характеру работы эти источники делятся на две группы:

- первичные химические источники тока или гальванические элементы;
- вторичные источники или электрические аккумуляторы.

Первичные источники допускают только однократное использование, так как вещества, образующиеся при их разряде, не могут быть превращены в исходные активные материалы. Полностью разряженный гальванический элемент, как правило, к дальнейшей работе непригоден — он является необратимым источником энергии.

Вторичные химические источники тока являются обратимыми источниками энергии — после как угодно глубокого разряда их работоспособность можно полностью восстановить путем заряда. Для этого через вторичный источник достаточно пропустить электрический ток в направлении, обратном тому, в котором он протекал при разряде. В процессе заряда образовавшиеся при разряде вещества, превратятся в первоначальные активные материалы. Так происходит многократное превращение свободной энергии химического источника тока в электрическую энергию (разряд аккумулятора) и обратное превращение электрической энергии в свободную энергию химического источника тока (заряд аккумулятора).

Прохождение тока через электрохимические системы связано с происходящими при этом химическими реакциями (превращениями). Поэтому между количеством вещества, вступившего в электрохимическую реакцию и подвергшегося превращению, и количеством затраченного или высвободившегося при этом электричества существует зависимость, которая была установлена Майклом Фарадеем.

Согласно первому закону Фарадея масса вещества, вступившего в электродную реакцию или получившегося в результате ее протекания (Δm), пропорциональна количеству электричества (q), прошедшего через систему:

$$\Delta m = k_3 q = k_3 I t, \quad (1)$$

где I - сила тока, проходящего через электрохимическую систему; t - время, в течение которого проходил ток; k_3 — коэффициент пропорциональности, который называется электрохимическим эквивалентом и характеризует количество вещества, прореагировавшего при прохождении через систему единицы электрического заряда.

Согласно второму закону Фарадея, при равном количестве прошедшего через систему электричества массы прореагировавших веществ относятся между собой как их химические эквиваленты A ($A = m_A/Z$, где m_A — атомный вес вещества, Z — заряд иона)

$$\Delta m_1/A_1 = \Delta m_2/A_2 = \text{const}. \quad (2)$$

На практике электрохимическому изменению подвергается меньшее количество вещества, чем по законам Фарадея — при прохождении тока помимо основных электрохимических реакций происходят еще и параллельные или вторичные (побочные), изменяющие массу продуктов, реакции. Для учета влияния таких реакций введено понятие выхода по току.

Выход по току V_m — это та часть количества электричества, прошедшего через систему, которая приходится на долю основной рассматриваемой электрохимической реакции

$$V_m = (q_i / \Sigma q_i) 100 \%, \quad (3)$$

где q_i — количество электричества, расходуемого на основную рассматриваемую реакцию; Σq_i — общее количество прошедшего через систему электричества.

2.2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СВИНЦОВОМ АККУМУЛЯТОРЕ

Активными веществами заряженного свинцового аккумулятора, принимающими участие в токообразующем процессе, являются:

- на положительном электроде — двуокись свинца PbO_2 (темно-коричневого цвета);
- на отрицательном электроде — губчатый свинец Pb (серого цвета);
- электролит — водный раствор серной кислоты H_2SO_4 .

Часть молекул кислоты в водном растворе всегда диссоциирована на положительно заряженные ионы водорода H^+ и отрицательно заряженные сульфат-ионы SO_4^{2-} .

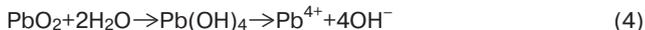
2.2.1. Разряд аккумулятора

Схема электрохимических процессов, протекающих при разряде, приведена в табл. 1.

Свинец, который является активной массой отрицательного электрода, частично растворяется в электролите и окисляется в растворе с образованием положительных ионов Pb^{2+} . Освободившиеся при этом избыточные электроны сообщают электроду отрицательный заряд и начинают движение по замкнутому участку внешней цепи к положительному электроду.

Положительно заряженные ионы свинца Pb^{2+} вступают в реакцию с отрицательно заряженными сульфат-ионами SO_4^{2-} с образованием сульфата свинца $PbSO_4$, который имеет незначительную растворимость и поэтому осаждается на поверхности отрицательного электрода. В процессе разряда аккумулятора активная масса отрицательного электрода преобразуется из губчатого свинца в серноокислый свинец с изменением серого цвета на светло-серый.

Двуокись свинца PbO_2 положительного электрода растворяется в электролите в значительно меньшем количестве, чем свинец отрицательного электрода. При взаимодействии с водой PbO_2 диссоциирует (распадается в растворе на заряженные частицы — ионы), образуя ионы четырехвалентного свинца Pb^{4+} и ионы гидроксила OH^-



Ионы Pb^{4+} сообщают электроду положительный потенциал и, присоединяя электроны, пришедшие по внешней цепи от отрицательного электрода, восстанавливаются до ионов двухвалентного свинца Pb^{2+}



Ионы Pb^{2+} взаимодействуют с ионами SO_4^{2-} , образуя серноокислый свинец $PbSO_4$, который по указанной выше причине также осаждается на поверхности положительного электрода, как это имело место на отрицательном. Активная масса положительного электрода по мере разряда преобразуется из двуокиси свинца PbO_2 в сульфат свинца $PbSO_4$ с изменением ее цвета из темно-коричневого в светло-коричневый.

В результате разряда аккумулятора активные материалы и положительного (PbO_2), и отрицательного (Pb) электродов превращаются в сульфат свинца $PbSO_4$. При этом на образование сульфата свинца расходуется серная кислота и образуется вода из освободившихся ионов H^+ и OH^- , что приводит к снижению плотности электролита при разряде.

Таблица 1. Схема электрохимических процессов при разряде свинцового аккумулятора

	Отрицательный электрод	Электролит	Положительный электрод
Исходные продукты	Pb	$2H_2SO_4, 2H_2O$	PbO_2
Процесс ионизации		$SO_4^{2-}, 4H^+, SO_4^{2-}$	$4OH^-, Pb^{4+}$
Токообразующий процесс	$2e^- Pb^{2+}$		$Pb^{2+} 2e^-$
Конечные продукты разряда	$PbSO_4$	$4H_2O$	$PbSO_4$

Согласно теории двойной сульфатации, итоговые реакции разрядного и зарядного процессов в аккумуляторе таковы:

на положительном электроде



на отрицательном электроде



суммарная реакция

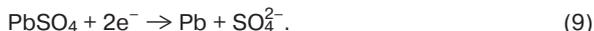


2.2.2. Заряд аккумулятора

Схема электрохимических процессов при заряде аккумулятора приведена в табл. 2.

В электролите у обоих электродов присутствуют в небольших количествах ионы сульфата свинца Pb^{2+} , SO_4^{2-} и воды H^+ , OH^- . Под влиянием напряжения источника постоянного тока, в цепь которого включен заряжаемый аккумулятор, во внешней цепи устанавливается направленное движение электронов к отрицательному выводу аккумулятора.

Двухвалентные ионы свинца у отрицательного электрода нейтрализуются (восстанавливаются) поступившими двумя электронами, превращая активную массу отрицательного электрода в металлический губчатый свинец. Оставшиеся свободными ионы SO_4^{2-} и H^+ образуют серную кислоту



У положительного электрода под действием зарядного тока двухвалентные ионы свинца Pb^{2+} отдают два электрона, окисляясь в четырехвалентные Pb^{4+} . Последние, соединяясь через промежуточные реакции с двумя ионами кислорода, образуют двуокись свинца PbO_2 , которая выделяется на электроде. Ионы SO_4^{2-} и H^+ так же, как и у отрицательного электрода,

Таблица 2. Схема электрохимических процессов при заряде свинцового аккумулятора

	Отрицательный электрод	Электролит	Положительный электрод
Продукты разряда	PbSO_4	$4\text{H}_2\text{O}$	PbSO_4
Процесс ионизации	$\text{Pb}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}$	$2\text{H}^+, 4\text{OH}^-, 2\text{H}^+$	$\text{SO}_4^{2-}, \text{Pb}^{2+}$
Использование зарядного тока	2e^-		$\text{Pb}^{4+}, 2\text{e}^-$
Конечные продукты разряда	PbSO_4	$\text{H}_2\text{SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{SO}_4$	PbO_2