

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ НЕТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОГО ЗАРЯДА-РАЗРЯДА

МАМЕДОВ Г., АЛИ-ЗАДЕ К., УЯАР КААН

В статье излагается один из нетрадиционных методов (и его реализация) заряда-разряда АКУБ, основанный на контролируемом инверсном (разрядном) токе АКУБ на каждом полупериоде заряда. Одновременно, для свинцово-серноокислых батарей, такой подход позволяет уменьшить сульфатацию аккумуляторных пластин и даже, в некоторых случаях, добиться полного очищения от сульфатации, тем самым продлевая «жизнь» АКУБ. Разработка новых методов заряда-разряда и устройств для длительного поддержания жизнеспособности аккумуляторных батарей (АКУБ), несомненно является важным направлением исследований.

Введение.

В настоящее время наблюдается значительное увеличение малых мобильных электронных устройств, таких как: сотовые телефоны, компьютеры, фонари, электроинструменты и т.д., с одной стороны, а также и мощных мобильных систем – электромобили, непрерывные источники питания для больниц, телефонных станций, оперативного управления электростанций и др. Это дало мощное развитие разработке и построению современных обычных и аккумуляторных батарей малой и большой мощности.

К сожалению, большое количество обычных незаряжаемых и аккумуляторных батарей, выбрасываемых вместе с коммунальным мусором, стали значительно загрязнять окружающую среду и создавать экологическую угрозу[1-3].

Наиболее опасными элементами, входящими в состав батарей, являются: магний-диоксид, оксид ртути, цинк, кадмий, свинец, никель, и т.д. Эти элементы, проникая в грунтовые воды и растворяясь в их кислой среде, могут быть причиной различных типов отравлений.

Перезаряжаемые аккумуляторные батареи могут и не содержать субстанций, известных как весьма опасные и ядовитые, но они могут нести канцерогенный характер или наносить вред генетике человека, его деторождаемости и т.д.

Наиболее важными аспектами решения вышеупомянутой экологической проблемы являются:

1. Замена незаряжаемых бытовых батарей на аккумуляторные. Каждая аккумуляторная батарея с 500-1500 циклов заряда-разряда может заменить 500-1500 обычных батарей, уменьшая во столько-же раз вред, наносимый окружающей среде.
2. Использование современных аккумуляторных батарей с металлгидридными электродами вместо ядовитого кадмия.
3. Срок жизни аккумуляторной батареи существенно зависит от методики зарядки и режима её разрядки. В некоторых случаях контролируемый мягкий заряд-разряд поднимают максимальное число циклов до 4000 (вместо 1500, гарантированных производителем). Даже новые аккумуляторы, пролежавшие без употребления (на складах, в длительно неиспользуемой мобильной технике и т. д.), теряют число циклов заряда-разряда в 2-3 раза - согласно американским данным, 500-750 вместо 1500, гарантируемых производителем [2,5].
4. Внутренняя сульфатация, кристаллизация, коррозия и т. п. аккумуляторных батарей являются также важными причинами уменьшения длительности жизни батареи. В

связи с этим, электротехнические методы внутренней десульфатации, декристаллизации и уменьшения коррозии представляют очевидный интерес и могут стать экономичными и весьма эффективными.

Обзор АКУБ

На сегодняшний день на службе для малых и больших мобильных и стационарных объектов используются нижеследующие АКУБ: свинцово-серноокислые открытого и закрытого типа, никель-кадмиевые, никель-металлогидридные, литий-полимерные, литий-ионные и другие современные АКУБ. Их основные параметры приведены в таблице 1 [4], а преимущества и недостатки описываются ниже.

Таблица 1. Типы аккумуляторов и их основные технические характеристики.

Параметры	Типы электрохимических систем				
	PbSO ₄	NiCd	NiMH	Li-ion	Li-Polymer
Плотность энергии (Ач/кг)	30	40 - 60	60 - 80	100	150 - 200
Число рабочих циклов заряда-разряда (разряд до 80% ёмкости)	200 - 500	1500	500	500 - 1000	100 - 150
Внутреннее сопротивление (мОм)	≈250/Q	100-200	150-250	150-250	No data
Минимальное время заряда, часы	8 - 16	1.5	2 - 4	3 - 4	8 - 15
Чувствительность к перезаряду	высокая	средняя	низкая	слабая	Нет данных
Месячный саморазряд	5%	20%	30%	10%	Нет данных
Напряжение на элемент	2.0	1.25	1.25	3.6	2.7
Ток нагрузки	0.2 C	>2 C	(0.5-1.0) C	<1 C	0.2 C
Предельные температуры, С°	-20...60	-40...60	-20...60	-20...60	Нет данных
Периодичность сервиса, дни	90 - 180	30	60-90	Не нужен	Нет данных
Стоимость одного цикла заряда,USD	0.1	0.04	0.14	0.1 - 0.2	0.6

3.1. Свинцово-серноокислые PbSO₄ (ССАКУБ)

ССАКУБ используются в автотранспорте (АТ), в особенности, в электромобилях (ЭМ), в мощных непрерывных источниках питания (НИП) для больниц, для резервного освещения метро, шахт, туннелей, аэропортов, правительственных зданий, кораблей и для сотен других типов объектов. В самом общем смысле ССАКУБ применяются там, где при низких затратах необходимы относительно высокие мощности или стартовые токи. Основные положительные стороны и недостатки ССАКУБ (см. Таб.1):

Положительные:

1. Весьма малое внутреннее сопротивление ($R_{вн} = 0.250/Q$, где Q – ёмкость в АЧ).
2. Самый малый процент саморазряда за месяц (5%).
3. Малая периодичность сервиса (раз в 3-6 месяцев).

Недостатки:

4. Глубокий разряд губителен (чем меньше глубина разрядного полуцикла, тем больше число циклов от гарантированных будет работать ССАКУБ).
5. Высокая чувствительность к избыточной зарядке (*перезаряд губителен*).
6. Относительно высокое время нормального заряда (8 – 16 часов).
7. Постепенная сульфатация электродов (уменьшение активной зоны) при длительном

хранении или холостом простое даже новых ССАКУБ.

8. Необходимость применения специальных химических или электрических методов десульфатации.

3.2 Никель-кадмиевые NiCd (НКАКУБ).

Области применения: сотовые телефоны и радио-переговорные устройства, домашние радиотелефоны, компьютеры, видеокамеры, ручные электроинструменты, медицинское оборудование и т.д.

Преимущества:

1. Быстрый (порядка одного часа) и простой метод зарядки.
2. НКАКУБ позволяют производить экстренный заряд даже током выше или равным емкости АКУБ (однако требуется специальное чувствительное устройство определения полного заряда батареи).
3. Предпочтителен заряд импульсным методом (заряд с малым разрядом), чем заряд постоянным током, что повышает область активного контакта пластин, эффективность, уменьшая нагрев, что продлевает рабочую жизнь аккумулятора.
4. Способность экстренно выдавать нагрузке большой ток.
5. Возможность восстановления 60-70% НКАКУБ (потерявших работоспособность) специальным алгоритмом заряда.
6. Низкая стоимость одного цикла заряда по сравнению с другими батареями.

Недостатки:

7. Нуждаются в периодическом сервисе (с целью исключения эффекта памяти батареи).
8. Высокий саморазряд – до 20% в месяц.
9. Относительно большой вес на единицу емкости по сравнению с другими аккумуляторами.
10. Нуждается в специальной утилизации (аккумулятор содержит ядовитый кадмий). В некоторых странах применение этих аккумуляторов запрещено.

3.3. NiMH (Металло-гидридные) аккумуляторы (МГАКУБ).

Эти аккумуляторы не так давно постепенно стали применять вместо Ni-кадмиевых, хотя они не на 100% отвечают требованиям потребителя, в основном, из-за снижения количества циклов заряда-разряда со временем.

Преимущества:

1. Плотность энергии на 30% выше, чем у никель-кадмиевых, при тех же размерах и весе.
2. Менее склонны к эффекту памяти
3. Не наносят вред окружающей среде.

Недостатки.

4. Предпочитают легкий разряд (не глубокий т.к. их время жизни зависит от глубины разряда).
5. NiMH аккумуляторы выделяют больше тепла при заряде (по сравнению с никель-кадмиевыми) и нуждаются в более сложном алгоритме контроля полного заряда (обычно дается специальный датчик).
6. Гораздо меньше (в 2-3 раза) число циклов заряда-разряда.
7. Высокий уровень саморазряда (до 30% в месяц).

3.4. Li-ion (Литий-ионные аккумуляторы).

Область применения: сотовые телефоны, разные типы портативных компьютеров. Согласно мнению компании «VARTA», Li-ion аккумуляторы начнут вскоре вытеснять Ni-кадмиевые, а также NiMH-аккумуляторы.

Этот тип батарей содержит внутреннее электроустройство (автовывключатель) на

каждом элементе для защиты от пиковых напряжений при заряде и низкого напряжения при разряде.

Преимущества:

1. Высокая плотность энергии, малые размеры и вес.
2. Малый саморазряд 3-5% в месяц.
3. Не требуется никакого сервиса в течение всего рабочего времени (жизни) батареи.

Недостатки:

4. Высокая стоимость.
5. Необходимость держать аккумулятор заряженным.
6. После двух лет эксплуатации аккумулятор часто выходит из строя.
7. Нестандартное напряжение –3,6В. элемента по отношению к другим типам батарей.

3.5. Li-полимерные батареи.

Li-полимерные батареи являются следующей ступенью литиевой технологии аккумуляторостроения. Потенциально они должны быть не дорогими, но в настоящее время цены пока высокие.

Преимущества:

1. Самая высокая плотность энергии.
2. Различные формы конструкции - может заполнять любые сложные пустоты в устройстве.
3. Высокое (но нестандартное) напряжение элемента 2,7В по отношению к другим типам батарей.

Недостатки:

4. Длительное время заряда.
5. Самая высокая стоимость одного цикла заряда.
6. Слишком малое число циклов заряда-разряда, порядка 100-150

Таким образом, проведённый обзор существующих аккумуляторных батарей в хронологическом порядке может быть завершён. Технологии производства некоторых из них всё ещё интенсивно улучшаются.

4. Новый подход к заряду-разряду АКУБ.

Заряд АКУБ обычно осуществляется устройством нормального или быстрого заряда. Постоянный ток обеспечивает электрические заряды, которые за счёт электрохимических процессов накапливаются в батарее.

Как отмечалось выше, многим аккумуляторам вредно длительно находиться в заряженном состоянии без рабочих циклов разряда-заряда. Это значительно снижает длительность эксплуатации аккумуляторов (число циклов), т.к. приводит к необратимым электрохимическим процессам внутри аккумулятора.

Для поддержания или даже увеличения длительности эксплуатации аккумулятора необходимо оптимизировать режимы заряда-разряда для каждого конкретного случая типа и области применения аккумулятора.

Забегая немного вперёд, отметим, что наилучшим, с точки зрения увеличения длительности эксплуатации АКУБ, является режим заряда АКУБ с одновременным небольшим разрядом. Имеется несколько разновидностей таких зарядно-разрядных режимов.

В качестве первого из примеров можно указать движущийся ночью автомобиль с включёнными фарами. В таком режиме аккумулятор одновременно разряжается на мощные лампы фар и в то же самое время подзаряжается от бортового генератора и выпрямителя. Такой режим называют заряд-разряд под нагрузкой. В качестве простого примера на фиг.1. показаны схемы и кривые токов и напряжения простого двухполупериодного выпрямителя.

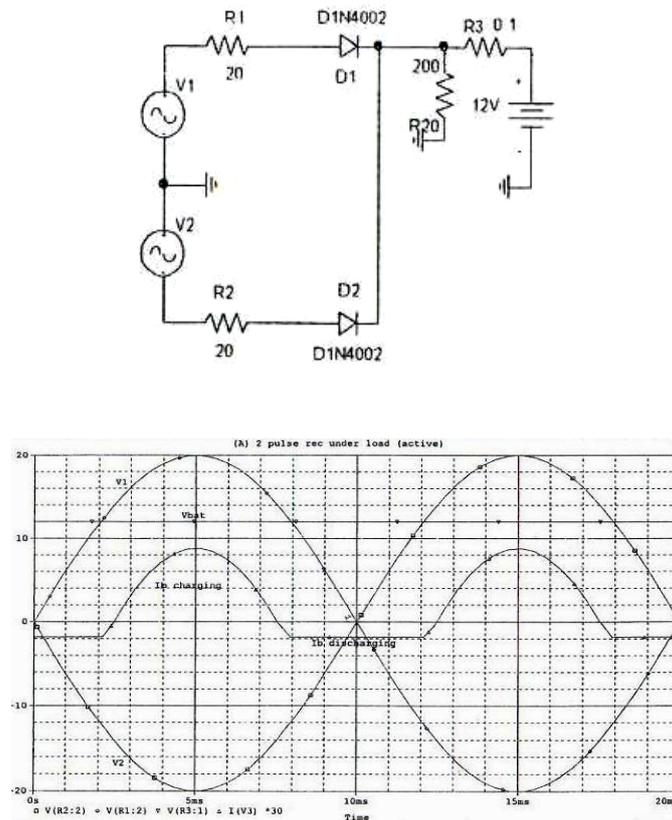


Рис. 1. Схема зарядки батареи под нагрузкой и кривые её токов и напряжений

Вторым типом является режим, когда пользователи электромобилей заряжают аккумуляторы после тяжёлого режима его работы. В этом случае батарея нуждается в деликатном зарядном процессе, продлевающим время жизни батареи (согласно инструкции эксплуатации батареи). Этот процесс зарядки (дома или на зарядочной станции) называется зарядкой вне борта или без нагрузки.

Настоящая статья, в основном, посвящена этому случаю процесса зарядки. Имеется множество хорошо известных типов зарядных устройств вне борта. Например, имеются различные традиционные однофазные и трёхфазные управляемые мостовые выпрямители. Однако эти выпрямители обеспечивают только односторонний ток зарядки батареи, что, хотя и медленнее, но всё же приводит к сульфатации пластин аккумулятора (уменьшению их активной зоны), снижая, тем самым, электроёмкость (ампер-часы) батареи.

Подключение небольшой искусственной нагрузки при зарядке батареи (см. рис.1) уменьшает процесс сульфатации, но приводит к дополнительной затрате электроэнергии на нагрузочном сопротивлении (около 10-20%). Избежать эту бесполезную трату энергии можно применением, так называемых, нетрадиционных выпрямителей. Они обеспечивают помимо необходимого зарядного тока и небольшой ток разряда, который препятствует сульфатации пластин. Имеется большое количество нетрадиционных управляемых выпрямителей. Одни из них строятся на базе специальных трансформаторов и генераторов, с ограничивающим разрядный ток индикатором (схема здесь не представлена из-за сложности) [2].

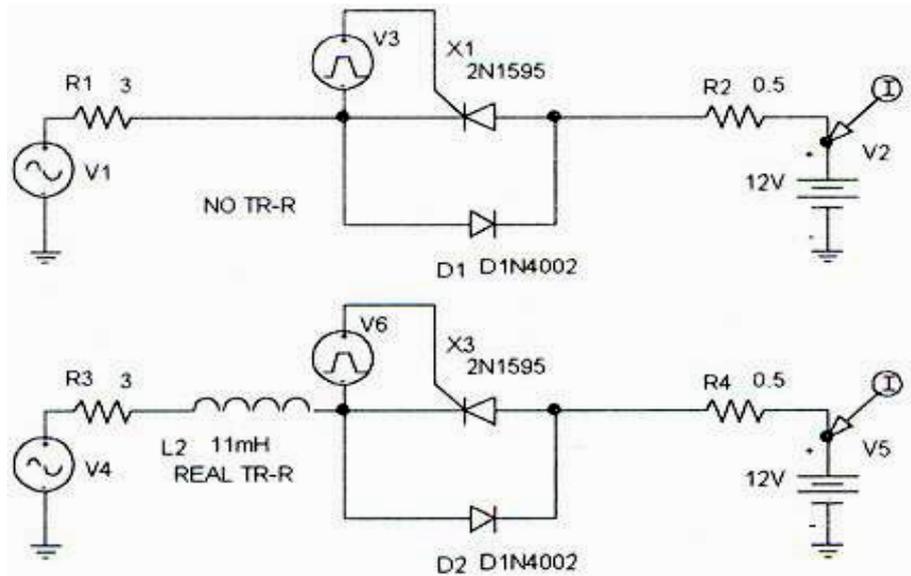


Рис. 2. Схемы с применением дополнительного тиристора обратного действия.

Другие типы схем, одна из которых представлена в данной статье [5], основаны на применении дополнительного тиристора обратного действия. Для простоты дальнейшего изложения на фиг.2 показаны две схемы (PSPICE-model) однополупериодного выпрямителя без и с традиционным 220/12В трансформатором. Во время положительной полуволны питающего трансформатора диод D обеспечивает необходимый зарядный ток батареи. Во время отрицательной полуволны питающего напряжения тиристор обеспечивает необходимый небольшой разрядный импульс тока, который помогает аккумулятору снизить или постепенно избавиться от процесса сульфатации батареи. Тем самым стабилизируется или увеличивается зарядная приемлемость батареи и продлевается активный срок эксплуатации батареи {увеличивается число циклов}.

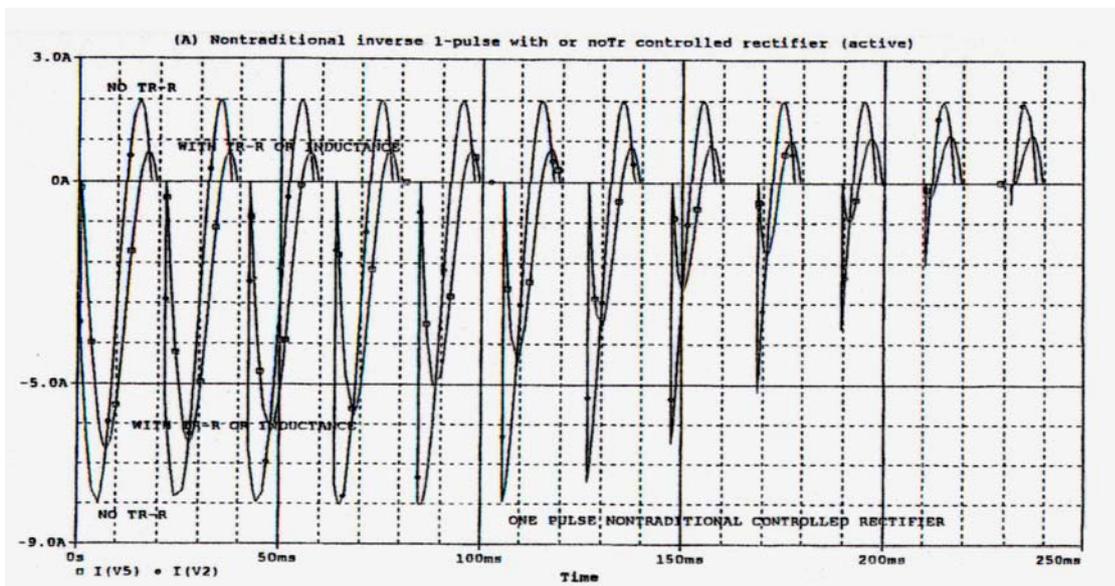


Рисунок 3. Зарядно-разрядные токи батареи (результаты моделирования).

На рис.3 показаны зарядно-разрядные токи батареи (результаты моделирования) трансформаторной и бестрансформаторной схемы питающего напряжения. Для нормальной зарядки батареи рекомендуется 10-20%-ный разрядный ток, по сравнению с зарядным, (см. 3 волны в правой части рис.3). Для десульфатации предварительно

полностью заряженной батареи, но длительное время не бывшей в эксплуатации, небольшие токи заряда и разряда одинаковые с тем, чтобы не произошла губительная избыточная зарядка батареи или, наоборот, губительный глубокий разряд батареи (см. средние полуволны на рис.3). Превышение разрядного тока над зарядным иногда используется для кратковременной шоковой терапии некоторых батарей (фактически прикладывается обратное напряжение).

5. Заключение.

Главное преимущество представленной в статье импульсной зарядки-разрядки АКУБ является возможность уменьшения губительной сульфатации пластин ССАКУБ или кристаллизации в АКУБ других типов, что позволяет продлевать активную жизнь батареи, восстановить её прежнюю электроёмкость, уменьшить число утилизируемых батарей, что уменьшает вредное воздействие на окружающую среду.

-
1. *Дмитриенко В.Ю., Зубов М.С., Шишов В.И., Баулов В.И., Михаленко М.Г.* Влияние характера зарядки батареи на её ёмкость. Электротехнические процессы в батарейных источниках, электролизах и аккумуляторах, - Москва, МЭИ, №155, 1987г.
 2. *Скотт Шиллинг.* Повышение надёжности серно-кислых батарей. {SAE # 03TB-122}, News letter, Tech Products Corporation, 1989.
 3. *Варунаев В.Н.* Химические источники тока. Изд. «Высшая школа», Москва 1990
 4. *Vasiliev V.* Accumulators for mobile devices (www. digit-life. com).
 5. *P. Ali-Zade, K. Uyar,* A new approach for portable computer accumulator life saving charging, NEU CEE 2004 2nd Int. Symposium Proceedings, pp.334-338, 11-13 March 2004, CYPRUS

QEYRİSTANDART ÜSUL VASTƏSİLƏ İDARƏ OLUNAN YÜKLƏMƏ-BOŞALMA TƏTBİQ ETMƏKLƏ AKKUMULYATOR BATAREYASININ İSTİSMAR MÜDDƏTİNİN UZADILMASI

MƏMMƏDOV H., ƏLİ-ZADƏ K., UYAAR KAAH

Tətbiq olunan üsul akkumulyator batareyasının lövhələrinin sulfatlaşmasını azaldır və bəzi hallarda lövhələri sulfatdan tam təmizləyir. Bununlada batareyanın istismar müddəti uzanır.

EXTENSION OF THE STORAGE BATTERY'S SERVICE LIFE BY THE UNTRADITIONAL OPERATED CHARGE-DISCHARGE METHOD

MAMEDOV H., ALI-ZADE K., UYAAR KAAH

The paper outlines the anti-sulfate impulse charging-discharging rectifier and nontraditional approach to its realization schemes and treatment algorithms to increase the storage battery's service life.