

# Nowoczesne akumulatory

## część 2

### Sposoby ładowania i obsługa



#### RAM - ładowalne ogniwa alkaliczne

Wywodzące się z niedostatków ubiegłej epoki liczne pomysły regenerowania baterii jednorazowych (pierwotnych) paradoksalnie doczekały się po latach realizacji w postaci ładowalnych baterii alkalicznych w technologii RAM (*Rechargeable Alkaline Modules*). Akumulatory te, będące twórczym rozwinięciem, powszechnie znanych, ogniwa alkalicznych opartych na układzie elektrochemicznym cynk (Zn) - dwutlenek manganu ( $MnO_2$ ), mogą w pewnych warunkach stanowić interesującą alternatywę dla akumulatorów Ni-Cd i Ni-MH.

Cylindryczne ogniwo alkaliczne (w stanie naładowanym) tworzą dwie elektrody:

- dodatnia - w postaci cylindrycznego płaszczki sprasowanego z masy składającej się m.in. z dwutlenku manganu ( $MnO_2$ , braunsztyń) jako substancji czynnej oraz grafitu poprawiającego przewodnictwo elektryczne;
- ujemna - umieszczona w osi cylindra zawierająca sproszkowany cynk jako substancję aktywną.

Pomiędzy elektrodami znajduje się porowaty separator nasycony stężonym roztworem wodorotlenku potasowego (KOH). Podczas rozładowania, dwutlenek manganu  $MnO_2$  znajdujący się na elektrodzie dodatniej przechodzi w uwodniony tlenek manganu  $MnOOH$  (redukcja  $Mn^{4+}$  do  $Mn^{3+}$ ), natomiast cynk na elektrodzie ujemnej zostaje

*Dostajemy wiele pytań związanych z ładowaniem współczesnych akumulatorów różnego typu. Zagadnienie jest rzeczywiście złożone, ponieważ różnorodność dostępnych na rynku odnawialnych źródeł zasilania jest ogromna, a informacji stosunkowo niewiele.*

*W artykule odpowiemy na pytania pojawiające się najczęściej w listach nadsyłanych do redakcji.*

utleniony ( $Zn^{2+}$ ) do tlenku cynku  $ZnO$ . Ogniwo RAM jest zaprojektowane asymetrycznie co oznacza, że elektroda ujemna (cynkowa) ma mniejszą pojemność od dodatniej. Dlatego w rozładowanym ogniwie na elektrodzie dodatniej zawsze pozostaje pewna ilość niezredukowanego  $MnO_2$ , co ma zapobiegać niepożądanemu redukowaniu manganu do niższych stopni. Niestety, taka ochrona nie jest całkowicie skuteczna, co powoduje (jedną z przyczyn) stopniową degradację pojemności akumulatora w kolejnych cyklach ładowania/rozładowania. Dodajmy przy tym, że im głębiej ogniwo zostało rozładowane, tym szybciej zachodzi utrata pojemności.

Zmiany konstrukcyjne, dzięki którym ogniwa alkaliczne stały się ładowalne, polegają m.in. na:

- wprowadzeniu do składu elektrody dodatniej katalizatora powodującego utlenianie wydzielającego się wodoru, a tym samym chroniącego przed nadmiernym wzrostem ciśnienia wewnątrz obudowy;
- opracowaniu specjalnego dwuwarstwowego separatora uniemożliwiającego narastanie dendrytów cynku w kierunku elektrody dodatniej - właśnie powstawanie dendrytów prowadzące do występowania zwarcia było jednym z powodów uniemożliwiających skuteczną regenerację ogniwa jednorazowych.

Akumulatory RAM, podobnie jak zwykle alkaliczne ogniwa pierwotne, mają wartość SEM (siły elektromotorycznej) równą ok. 1,5 V. Cechuje je również podobna, „mięka“ charakterystyka rozładowania przebiegająca od 1,5 V w stanie naładowania do 0,9 V po całkowitym wyczerpaniu ogniwa. Od baterii jednorazowych różni je mniejsza pojemność początkowa (porównywalna z ogniwami Ni-Cd), a także większa re-

zystancja szeregową sprawiająca, że ogniwa RAM nie tolerują dużych prądów rozładowania. Przykładowo, dla ogniwa o rozmiarze AA (R6) zaleca się rozładowywanie prądem nieprzekraczającym 0,5 A przy obciążeniu ciągłym i maks. 0,9 A przy obciążeniach krótkotrwałych. RAM w porównaniu z akumulatorami nikielowymi mają także mniejszą trwałość (określaną jako 25...500 cykli), silnie zależną od warunków eksploatacji.

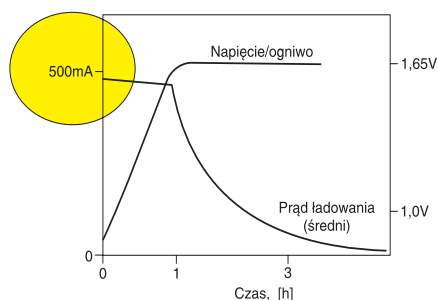
Jak można wywnioskować z dotychczasowego opisu, ogniwa RAM posiadają wiele ograniczeń. Co w takim razie przemawia za ich stosowaniem? Otóż do najważniejszych zalet można zaliczyć:

- Bardzo małe samorozładowanie. Po pięciu latach przechowywania naładowane ogniwo powinno zachować min. 80% pierwotnego ładunku.
- Całkowity brak efektu pamięciowego. Co więcej - ogniwa RAM preferują pracę w płytkich cyklach i „lubią“ być zawsze naładowane (odwrotnie niż akumulatory Ni-Cd i Ni-MH).
- Stosunkowo proste metody ładowania niewymagające stosowania złożonych układów nadzoru stanu ogniwa.

Podobne cechy (małe samorozładowanie, brak pamięci) mają również np. ogniwa litowo-jonowe, jednak ich cena jest nieporównywalnie wyższa od akumulatorów RAM. Te cechy ładowalnych ogniwa alkalicznych predestynują je np. do awaryjnego zasilania urządzeń elektronicznych o niewielkim poborze mocy.

Ładowanie baterii RAM może odbywać się w jednym z dwóch trybów:

- *Ładowanie standardowe.* Polega na ładowaniu ogniwa do stałego napięcia o wartości 1,65 ( $\pm 0,05$ ) V/ogniwo. Początkowy prąd ładowania musi być ograniczony przez układ ładowania do wartości 150 mA (dla ogniwa AA). Czas ładowania całkowi-



Rys. 5. Przykładowa charakterystyka ładowania cyklu RAM w trybie szybkim

cie rozładowanych ogniw zawiera się w przedziale 8...16 h. Do wykonania tak prostej ładowarki wystarczy jeden układ LM317 + kilka elementów dyskretnych.

- **Ładowanie impulsowe (przyspieszone).** Polega na ładowaniu baterii ogniw impulsami prądowymi o stałej wartości (500...750 mA dla wersji AA) i wypełnieniu ok. 70% (rys. 5). W przerwach pomiędzy impulsami następuje pomiar napięcia na zaciskach akumulatora. Jeżeli jego wartość przekracza próg 1,65 ( $\pm 0,05$ ) V/ogniwo, to kolejne impulsy zostają zablokowane, aż do ponownego obniżenia napięcia poniżej wartości progowej. W przykładowej ładowarce opracowanej przez firmę Rayovac zastosowano impulsy o częstotliwości 100 Hz uzyskiwane z niefiltrowanego wyjścia prostownika dwupołwkowego. Czas pełnego ładowania ogniw w tym trybie zawiera się w przedziale 2...8 h.

Uwaga! Baterie RAM nie mogą być ładowane stałoprądowo, czyli próba zastosowania ładowarki przeznaczonej dla akumulatorów Ni-Cd/Ni-MH może doprowadzić do ich zniszczenia.

## Hermetyczne akumulatory ołowiowo-kwasowe

Akumulatory te (*Sealed Lead-Acid*) są modyfikacją, znanych od niemal 150 lat, powszechnie stosowanych kwasowych akumulatorów ołowiowych. Wprowadzone zmiany konstrukcyjne miały na celu przede wszystkim wyeliminowanie kłopotliwej obsługi (pomiaru gęstości i uzupełniania elektrolitu) i zamknięcie ogniw w hermetycznej obudowie. Stało się to możliwe w wyniku:

- Wprowadzenia dodatków żelujących do elektrolitu (stąd potoczna nazwa: akumulatory żelowe) lub zastosowania chłonnej warstwy separującej z nietkanego włókna szklanego (AGM - *Absorbed Glass Mat*). Akumulatory AGM charakteryzują się nieco niższą rezystancją wewnętrzną i wyższą pojemnością od ich żelowych odpowiedników.

- Wyeliminowania gazowania akumulatora w końcowym okresie ładowania. Konstrukcja akumulatora umożliwia migrację powstającego na elektrodzie dodatniej tlenu do elektrody ujemnej, gdzie może ulec neutralizacji.

- Zastosowania zaworów zwrotnych chroniących przed rozerwaniem obudowy w razie wystąpienia nadciśnienia (np. w wyniku przeładowania) i jednocześnie chroniących przez dostępem powietrza do wnętrza obudowy (VRLA - *Valve Regulated Lead Acid*).

Elektrody płytowe stosowane w akumulatorach ołowiowych powstają w wyniku wprasowania porowatej masy czynnej w siatkowe ramki ze stopu ołowiu (a ściślej stopu PbSnCa). W odróżnieniu od akumulatorów zasadowych, kwas siarkowy ( $H_2SO_4$ ) stanowiący zasadniczy składnik elektrolitu bierze czynny udział w zachodzących reakcjach elektrochemicznych, a jego stężenie maleje w miarę rozładowywania akumulatora. Substancjami aktywnymi w naładowanym ogniwie są:

- Na elektrodzie dodatniej - dwutlenek ołowiu  $PbO_2$  przechodzący w wyniku rozładowania w siarczan ołowiu  $PbSO_4$  (co odpowiada redukcji z  $Pb^{4+}$  do  $Pb^{2+}$ ).

- Na elektrodzie ujemnej - metaliczny ołów (Pb) przechodzący podczas rozładowania również do postaci  $PbSO_4$  (co odpowiada utlenieniu  $Pb^0$  do  $Pb^{2+}$ ).

Stosunkowo duża masa i delikatna konstrukcja elektrod płytowych sprawia, że tego typu akumulatory są nieodporne na wstrząsy (uwaga rowerzyści!). Przewidując eksploatację w ekstremalnych warunkach, należy raczej sięgnąć po (droższe) akumulatory o elektrodach zwijanych, charakteryzujące się znacznie większą trwałością i wytrzymałością mechaniczną (np. Cyclon firmy Hawker: <http://www.hepi.com/cyclon.htm>).

Prawidłowa eksploatacja akumulatora kwasowego wymaga przestrzegania kilku zasad:

- Dysponowana pojemność akumulatora maleje ze spadkiem temperatury. Przyjmując, że znamionowa temperatura pracy wynosi  $20^\circ C$ , to np. w temperaturze  $0^\circ C$  można uzyskać już tylko 85% pojemności nominalnej.
- Trwałość akumulatora ołowiowego szybko maleje ze wzrostem temperatury. Przyjmuje się, że podniesienie temperatury pracy o każde 8 stopni powyżej temperatury znamionowej skraca jego żywotność o połowę (sic!). Dlatego należy szczególnie zadbać o dobrą wentylację i stanowczo unikać nagrzewania akumulatora w urządzeniu, np. przez sąsiadujące radiatory.

- Głębokie rozładowanie, a w szczególności długotrwałe przetrzymywanie w stanie rozładowanym prowadzi do zasarczenia akumulatora (osadzenia trudno rozpuszczalnego, grubokryształicznego  $PbSO_4$  na elektrodach) i w konsekwencji do nieodwracalnej utraty pojemności.

- Dopuszczalne końcowe napięcie rozładowania akumulatora zależy od prądu rozładowania. Jako punkt odniesienia przy znikomym obciążeniu należy przyjąć wartość 1,75 V/ogniwo. Przy rozładowaniu większym prądem procesy elektrochemiczne zachodzące w akumulatorze „nie nadążają” za zapotrzebowaniem, co możemy obserwować jako przyspieszony spadek napięcia na zaciskach. Orientacyjnie można przyjąć, że napięcie jednego ogniwa nie powinno spaść poniżej następujących wartości:

prąd rozładowania	napięcie końcowe [V/ogniwo]
$I < 0,2 C$	1,75
$0,2 C < I < 0,5 C$	1,70
$0,5 C < I < 1,0 C$	1,55
$1,0 C > I$	1,30

- Maksymalny prąd rozładowania bezobsługowego akumulatora ołowiowego zazwyczaj nie powinien przekraczać wartości 3C. Szukając zamiennika, np. do zasilacza UPS, należy sięgnąć po specjalne wersje przystosowane do pracy z dużymi prądami rozładowania.

Zalecana metoda ładowania akumulatorów ołowiowych polega na ładowaniu do stałego napięcia, z ograniczeniem wartości prądu początkowego (*constant-current/constant-voltage*). Najważniejszą regułą, o jakiej trzeba pamiętać, jest niedopuszczanie do gazowania elektrolitu. Niewielkie ilości gazów powstające nieuchronnie w procesie ładowania ulegają chemicznej resorpcji, nie zakłócając pracy akumulatora. Jednak intensywne przeładowanie może doprowadzić do ucieczki gazu przez zawory wyrównawcze, a tym samym do nieodwracalnej utraty wody z elektrolitu i degradacji ogniwa. Niestety konstrukcja cel całkowicie uniemożliwia uzupełnienie powstałych ubytków.

W zależności od sposobu eksploatacji zaleca się jeden z dwóch podstawowych trybów ładowania:

- Ładowanie okresowe (*cycle use*) - stosowane np. w urządzeniach przenośnych, jedynie co pewien czas podłączanych do ładowarki. Ładowanie w tym trybie prowadzi się do osiągnięcia napięcia końcowego równego 2,45 V/ogniwo (przy  $25^\circ C$ ) z ograniczeniem prądu ładowania do wartości maks. 0,4C. Ładowanie powinno zostać zakończone po upływie zadanego czasu.

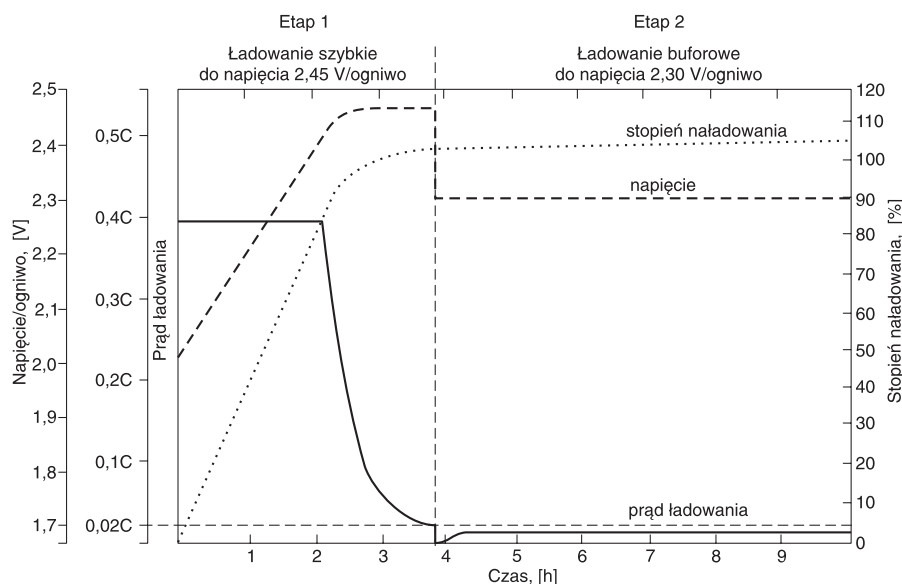
- Ładowanie buforowe (*backup use*) - stosowane m.in. w układach zasilania rezerwowego. Przyjmuje się napięcie końcowe równe 2,20...2,30 V/ogniwo z ograniczeniem prądu ładowania do wartości nieprzekraczającej 0,15C.

- Ładowanie dwuetapowe (rys. 6) - może być stosowane np. w zasilaczach UPS w celu szybkiego odtworzenia rezerwy energii po przywróceniu zasilania sieciowego. W pierwszym etapie należy ładować akumulator tak jak przy pracy okresowej. Gdy prąd ładowania spadnie poniżej wartości progowej (0,02C), należy przejść do trybu ładowania buforowego.

Podane napięcia końcowe dotyczą ładowania w temperaturze pokojowej (20...25°C). Jeżeli temperatura otoczenia może ulec istotnym zmianom, należy je odpowiednio korygować, przyjmując współczynnik korekcyjny o wartości -3...-5 mV/stopień/ogniwo, aczkolwiek zalecenia różnych producentów nie są pod tym względem jednolite, m.in. firma Panasonic proponuje, aby ze wzrostem temperatury powyżej 30°C końcowe napięcie ładowania w trybie buforowym malało, zbliżając się asymptotycznie do wartości ok. 2,22 V/ogniwo.

### Ogniwa litowo-jonowe (Li-Ion) i litowo-polimerowe (Li-Po)

Lit, z racji zajmowania pierwszego miejsca w szeregu elektrochemicznym metali (-3,024 V) a jednocześnie małej masy atomowej (6,94) i bardzo małego ciężaru właściwego (0,53 g/cm<sup>3</sup>), jest jednym z najbardziej obiecujących materiałów do konstrukcji ogniw elektrochemicznych. Jednak, należąc do tej samej grupy co sód i potas, jest zarazem pierwiastkiem niezwykle aktywnym chemicznie, przez co przysparza poważnych problemów związanych z bezpieczeństwem użytkowania. Przekonali się o tym konstruktorzy pierwszych, ładowalnych ogniw litowych. Stosowane w nich elektrody z metalicznego litu po osiągnięciu temperatury 150°C wchodziły w niekontrolowaną, prowadzącą do eksplozji reakcję z łatwopalnym elektrolitem. Jednocześnie metaliczny lit wykazywał tendencję do tworzenia dendrytów penetrujących warstwę separatora i powodujących powstawanie zwarc międzyelektrodowych. Seria wypadków wywołanych przez przegrzanie akumulatora w wyniku zwarcia lub nieumiejętnego ładowania doprowadziła do wycofania tego typu ogniw z rynku. Renesans wtórnych ogniw litowych nastąpił dopiero po rezygnacji ze stosowania litu



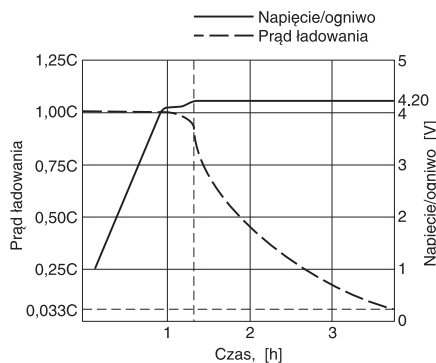
Rys. 6. Dwuetapowe ładowanie ogniw kwasowo-olowiowych

metalicznego i zastąpienia go jonami (stąd nazwa Li-Ion) wbudowanymi w materiał elektrod. Pod względem budowy wewnętrznej, współczesny akumulator litowo-jonowy ma najczęściej postać trzywarstwowej zwijki złożonej z dwóch elektrod przedzielonych separatorom. Przestrzeń międzyelektrodową wypełnia elektrolit organiczny z rozpuszczonymi solami litu. Zadanie separatora polega na izolacji elektrycznej umożliwiającej zarazem niezakłócony przepływ jonów litu pomiędzy elektrodami. Do wykonania elektrod używa się materiałów zdolnych do wbudowywania i oddawania atomów litu bez jednoczesnej zmiany swojej struktury krystalicznej (tzw. interkalacja). Materiał używany do wytwarzania elektrod ujemnych powinien mieć możliwie wysoki potencjał elektrochemiczny względem potencjału odniesienia (tzn. neutralnej elektrody wodorowej). Najlepszy do tego celu okazał się grafit lub specjalnie preparowana odmiana węgla bezpostaciowego. Ze strony elektrody dodatniej najczęściej używa się obecnie tlenku litowo-kobaltowego (LiCoO<sub>2</sub>) mającego tę szczególną cechę, że ilość zawartego w nim litu nie jest określona przez proporcje stechiometryczne i może się zmieniać w pewnych granicach. W czasie rozładowywania ogniwa litowo-jonowego atomy litu znajdujące się w elektrodzie dodatniej oddawszy jeden elektron ulegają jonizacji i w postaci jonów Li<sup>+</sup> migrują do elektrody ujemnej, gdzie otrzymują brakujący elektron i zostają wbudowane w strukturę krystaliczną węgla. W miarę rozładowywania maleje ilość litu w elektrodzie dodatniej a rośnie po stronie przeciwnej. Ładowanie ogniwa Li-Ion odwraca ten proces. Atomy litu po zjonizowaniu

opuszczają elektrodę węglową i migrują na drugą stronę, gdzie zostają wbudowane w strukturę LiCoO<sub>2</sub>. Nominalne napięcie wtórne ogniwa litowego wynosi 3,6...3,7 V (zależnie od szczegółów wykonania elektrody ujemnej).

Rezygnacja ze stosowania metalicznego litu zdecydowanie poprawiła bezpieczeństwo użytkowania tych ogniw, eliminując ryzyko niestabilności termicznej i eksplozji. Jednak w hermetycznie zamkniętej obudowie wciąż znajduje się organiczny elektrolit określany w kartach bezpieczeństwa jako *extra flammable*. Przegrzanie ogniwa np. w wyniku przeładowania może spowodować rozszczelnienie obudowy, wyciek i zapłon elektrolitu. Istotnym krokiem w kierunku wyeliminowania również tego zagrożenia było zastąpienie ciekłego elektrolitu warstwą polimeru organicznego umożliwiającego dyfuzję jonów litu. W ogniwach litowo-polimerowych (Li-Po) zachowano jedynie szczałkową zawartość elektrolitu służącego zmniejszeniu rezystancji wewnętrznej. Jednocześnie stało się możliwe wyeliminowanie masywnej metalowej obudowy, a samo ogniwo ma postać folii o grubości poniżej 1 mm, która może być zwijana, składana w harmonijkę itp. Dzięki temu uzyskano zwiększoną gęstość energii zgromadzonej w jednostce objętości i niespotykane możliwości zastosowań np. umieszczenia we wnętrzu karty chipowej.

Wbrew obiegowym opiniom, technika ładowania akumulatorów litowych jest stosunkowo nieskomplikowana, zwłaszcza jeżeli porównamy ją z ogniwami Ni-MH. Zasadniczo sprowadza się do wspomnianej już wcześniej metody *constant current/constant voltage*, czyli ładowania stałym prądem aż do



Rys. 7. Typowy przebieg ładowania ogniw litowo-jonowych

osiągnięcia zadanego napięcia końcowego, po czym następuje stopniowy spadek prądu aż do wartości, przy której ładowanie powinno zostać zakończone. W odróżnieniu od ogniw innych rodzajów, akumulatory litowe są jednak szczególnie czułe na warunki ładowania. Z jednej strony grają tu rolę względy bezpieczeństwa, a z drugiej bardzo duża wrażliwość na przeładowanie. Nawet przekroczenie o 1% nominalnej pojemności może doprowadzić do destrukcji ogniwa.

Ładowanie odbywa się ze sprawnością ok. 99,8%, niespotykaną w innych rodzajach ogniw (nie dotyczy to pierwszego ładowania formującego mającego mniejszą sprawność). Dlatego pakiet Li-Ion w czasie ładowania powinien być całkowicie zimny. Ładowanie powinno odbywać się w dwóch fazach (rys. 7):

1. Faza wstępna. Polega na ładowaniu ogniwa stałym prądem aż do osiągnięcia napięcia końcowego. Maksymalny dopuszczalny prąd ładowania wynosi 1C dla małych ogniw Li-Ion, 0,8C dla ogniw dużych (np. popularnego w notebookach typu 18650) i 0,5C w przypadku ogniw Li-Po. Prąd ładowania nie jest limitowany od dołu (przypomnijmy sobie zastrzeżenia jakie były w przypadku Ni-MH). Jeżeli napięcie rozładowanego ogniwa spadło poniżej 2,9 V, należy zacząć ładowanie od prądu nieprzekraczającego 0,1C. Napięcie końcowe ładowania powinno wynosić 4,20 V  $\pm$  0,05 V/ogniwo. Akumulator naładowany do napięcia 4,10 V/ogniwo będzie miał pojemność mniejszą o ok. 10% od nominalnej, zyskując w zamian na trwałości. Faza wstępna trwa ok. 1 h (przy prądzie 1C) i dostarcza ogniwu ok. 70% energii znamionowej.

2. Faza ładowania końcowego. Odbywa się przy stałym napięciu równym napięciu końcowemu (4,20 V). Prąd ładowania spada w miarę doładowywania ogniwa. Gdy jego wartość spadnie do poziomu 0,033C, ładowanie należy bezwzględnie zakończyć. Pamiętajmy,

że akumulatory litowe nie są zdolne do przyjęcia przeładowania.

Akumulatory przechowywane przez dłuższy czas mogą być poddawane okresowemu ładowaniu konserwującemu. Polega ono na pomiarze napięcia na zaciskach i po stwierdzeniu obniżenia do poziomu 4,05 V/ogniwo, okresowym (co ok. 3 tygodnie) doładowaniu do poziomu 4,20 V/ogniwo.

Ze względów na bezpieczeństwo użytkownika i trwałość drogich akumulatorów należy spełnić jeszcze kilka dodatkowych warunków:

- Ładowanie musi odbywać się w zakresie temperatur 0...45°C.
- Układ ładowania powinien posiadać niezależne zabezpieczenie przed przeładowaniem ustalone na poziomie 4,30 V/ogniwo (zaledwie 0,1 V powyżej nominalnego napięcia ładowania!). Po przekroczeniu tej granicy następuje osadzanie metalicznego litu na elektrodzie ujemnej. Jednocześnie materiał elektrody dodatniej staje się utleniaczem, traci stabilność i zaczyna wydzielać tlen. W konsekwencji ogniwo ulega przegrzaniu, skutkiem czego może ulec rozszczelnieniu i samozapłonowi.
- Automatyka zasilanego urządzenia powinna zapobiegać przed rozładowaniem poniżej granicy 2,50 V/ogniwo (typowo powinno się utrzymywać min. 2,7...3,0 V/ogniwo). Nie wolno ładować ogniw doprowadzonych przez dłuższy czas (kilka dni) do stanu głębokiego rozładowania (poniżej 1,5 V/ogniwo). Zmiany elektrochemiczne zachodzące w jego wnętrzu mogą powodować skłonność do powstawania zwarcia międzyelektrodowych i grożą niestabilnością, przegrzaniem i zapłonem ogniwa.

Fabryczne pakiety ogniw Li-Ion często zawierają wbudowane zabezpieczenia przez przekroczeniem dopuszczalnego napięcia (4,30 V), temperatury (90°C) lub nadmiernego ciśnienia wewnętrznego. Ładowanie baterii litowych jest znacznie prostsze niż np. akumulatorów niklowych, m.in. dzięki jednoznaczności z jaką można stwierdzić moment zakończenia procesu. Z drugiej strony, wymagają bardzo precyzyjnej kontroli warunków ładowania. Dlatego warto powierzyć je specjalizowanym układom produkowanym przez wiele firm m.in. Maxim, Linear Tech., Phillips i in.

### Podsumowanie

Przygotowując powyższe zestawienie, skoncentrowałem się przede wszystkim na zwięzłym omówieniu zasadniczych cech konstrukcyjnych rzutujących na sposób eksploatacji, a w szczególności na proces ładowa-

### Odnosiniki

Zestawienie odnośników do najciekawszych materiałów internetowych zawierających informacje na poruszone tematy:

#### Ogólne

◆ <http://www.batteryuniversity.com>

#### Ni-Cd/Ni-MH

◆ <http://www.panasonic.com/industrial/battery/oem/chem/niccad/index.html>

◆ [http://data.energizer.com/batteryinfo/application\\_manuals/nickel\\_cadmium.htm](http://data.energizer.com/batteryinfo/application_manuals/nickel_cadmium.htm)

◆ <http://www.panasonic.com/industrial/battery/oem/chem/nicmet/index.html>

◆ [http://data.energizer.com/batteryinfo/application\\_manuals/nickel\\_metal\\_hydride.htm](http://data.energizer.com/batteryinfo/application_manuals/nickel_metal_hydride.htm)

#### Lead-Acid

◆ <http://www.emu.com.pl/infosla.html>

◆ <http://www.mkbattery.com/pdf/GelBattery-Charging.pdf>

◆ <http://www.mkbattery.com/pdf/AGMBattery-Charging.pdf>

#### RAM

◆ <http://www.rayovac.com/bus OEM/oem/specs/ren7.shtml>

◆ [http://web.tin.it/rms\\_international/guide-page.html](http://web.tin.it/rms_international/guide-page.html)

#### Li-Ion/Li-Po

◆ [http://www.panasonic.com/industrial/battery/oem/images/pdf/Panasonic\\_LiIon-Overview.pdf](http://www.panasonic.com/industrial/battery/oem/images/pdf/Panasonic_LiIon-Overview.pdf)

◆ <http://www.batteryuniversity.com/partone-12.htm>

◆ [http://www.ulbi.com/whitepapers/UBI-5112\\_Li-ion\\_Li-Poly\\_Precautions.pdf](http://www.ulbi.com/whitepapers/UBI-5112_Li-ion_Li-Poly_Precautions.pdf)

#### Różne

◆ <http://www.wamtechnik.com.pl> (m.in. ogniwa HAWKER CYCLON)

◆ <http://sklep.batimex.pl> (ogniwa Li-Ion m.in. 18650)

nia. Mam nadzieję, że chociaż w niewielkim stopniu ułatwię w ten sposób np. samodzielną konstrukcję ładowarek i świadome dobieranie warunków pracy, wykraczające poza bierne skopowanie noty aplikacyjnej kolejnego układu scalonego. Należy jednak zdawać sobie sprawę, że temat eksploatacji jest bardzo rozległy i w zasadzie został jedynie zasygnalizowany. Niemal całkowicie pominałem kwestię wpływu temperatury na osiągi akumulatorów, metody oszacowania stanu rozładowania itd. Ponadto, porównanie materiałów publikowanych przez różnych twórców uwidacznia istotne różnice pomiędzy, na pozór silnie zunifikowanymi, produktami. Dlatego zachęcam do uważnej lektury dostępnych kart katalogowych i not aplikacyjnych, a włożony wysiłek niewątpliwie zostanie nagrodzony dłuższą (tańszą!) pracą wykorzystywanych akumulatorów.

**Marek Dzwonnik, AVT**

**marek.dzwonnik@ep.com.pl**

*Reklama czołowego producenta akumulatorów i ogniw zasilających - firmy GP Batteries - znajduje się na stronie 74.*