

Regeneracja akumulatorów zasadowych z wykorzystaniem ładowarek impulsowych

Artur Boguta, Marek Horyński, Sebastian Styła, Andrzej Sumorek

Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin tel.: 81 53-84-301, fax: 81 53-84-299
e-mail: a.boguta@pollub.pl, m.horynski@pollub.pl, s.styla@pollub.pl, a.sumorek@pollub.pl

Streszczenie. Gwałtowny rozwój elektroniki spowodował wprowadzenie do powszechnego użytku coraz większej liczby przenośnych urządzeń elektronicznych wyposażonych we własne źródła zasilania. Spowodował on potrzebę opracowania zminiaturyzowanych, wysokoenergetycznych i niezawodnych źródeł energii elektrycznej. Do zasilania tych urządzeń wykorzystujemy akumulatory, które zamieniają energię chemiczną w energię elektryczną i odwrotnie. Zapotrzebowanie na odwracalne ogniwa jest przyczyną rozwoju badań nad elektrochemią roztworów niewodnych, oraz koniecznością poszukiwania ogniów galwanicznych nowej generacji, w których stosuje się wysokoenergetyczne materiały elektrodowe i roztwory elektrolitów.

Słowa kluczowe: akumulator, regeneracja.

WPROWADZENIE

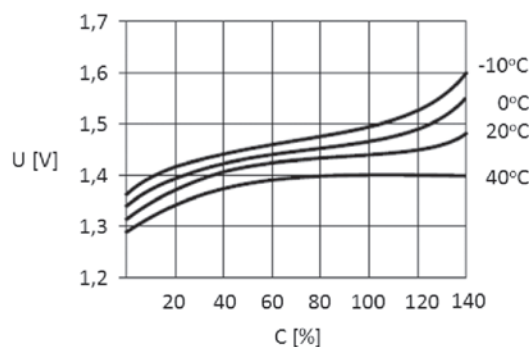
Produkowane akumulatory mają niskie napięcie wyjściowe, co zmusza producentów układów elektronicznych do budowania urządzeń przenośnych zasilanych ze źródeł niskiego napięcia. Użytkownicy sprzętu coraz częściej zamiast jednorazowych baterii stosują dużo bardziej ekonomiczne akumulatory. Ich trwałość w znacznym stopniu zależy od sposobu ich eksploatacji, a w szczególności od metod ładowania. Wiele ładowarek przed rozpoczęciem procesu ładowania testuje podłączony akumulator a następnie przeprowadza proces ładowania odpowiednim prądem. Ładowarka z odpowiednio dobranym prądem ładowania wydłuża żywotności akumulatora i tym samym chroni środowisko naturalne [6, 7].

Można wyróżnić dwa zasadnicze rodzaje ładowarek:

- ładowarki standardowe, przeznaczone do konkretnego typu ogniwa,
 - ładowarki specjalistyczne (mikroprocesorowe), o uniwersalnym zastosowaniu (NiCd, NiMH, Li-Ion i SLA)
- Uniwersalna ładowarka z układem mikroprocesorowym umożliwia szybkie ładowanie akumulatorów NiCd, NiMH, Li-Ion oraz SLA (akumulatory ołowiowo- kwasowe). Moż-

liwe jest ładowanie akumulatorów składających się z kilkunastu ogniw. Dla zapewnienia poprawnego ładowania akumulatorów, ładowarka kontroluje napięcie, prąd i temperaturę, a także rozładowuje wstępnie akumulatory w celu zlikwidowania efektu pamięciowego. Ładowarki również dzięki swej budowie mogą być konfigurowane według własnych potrzeb. Ładowarki uniwersalne posiadają kilka trybów ładowania np. liniowy oraz impulsowy, który pozwala na zmniejszenie strat energii i miniaturyzację. Do kontroli procesu ładowania często stosuje się wyświetlacze LED, LCD, które informują o włożeniu akumulatora, włączeniu ochrony, naładowaniu akumulatora i jego pojemności. Ładowarki automatycznie przystępują do pracy po włożeniu akumulatorów, przy czym mogą je wstępnie rozładować, jeśli jest to konieczne. W przypadku akumulatorów NiCd i NiMH ładowanie może zostać zakończone na podstawie obserwacji zmian temperatury ogniów dT/dt , wykrycia DU lub po jednoczesnym spełnieniu obu tych warunków [9, 1].

Dla popularnych akumulatorów zasadowych (NiCd i NiMH) napięcie na zaciskach akumulatora nie świadczy o stanie jego naładowania.



Rys. 1. Zależność napięcia od dostarczonej energii, przy różnych temperaturach (ładowanie 0,1C)

Fig. 1. The voltage of the energy supplied at different temperatures (0.1C charging)

Na rys. 1 przedstawiono zależność napięcia akumulatora zasadowego od ilości dostarczonej energii dla różnych temperatur. Widać dużą zależność napięcia akumulatora od temperatury, a przy temperaturze akumulatora $+40^{\circ}\text{C}$ napięcie w końcowej fazie ładowania praktycznie się nie zmienia [2, 3]. Wszystkie akumulatorki NiCd oraz NiMH można bez obawy ładować prądem $0,1\text{ C}$ (C – pojemność znamionowa ogniwa) przez czas 14-16 godzin. Ogniwa można przy tym łączyć w szereg. Ładowarka jest wtedy prostym układem, który dostarcza prądu o niezmiennych wartości, niezależnej od stopnia naładowania (i napięcia ogniwa). Jest to ładowanie standardowe, stosowane do dziś w najtańszych ładowarkach. Przy takim trybie nie ma potrzeby sprawdzania napięcia na poszczególnych ogniwach – napięcie nie świadczy tu o stopniu naładowania a pod koniec ładowania będzie ono wynosiło około $1,5\text{ V}$ na każdym ogniwie [11].

Efekt pamięciowy występuje rzadko i tylko w ogniwach, które zawsze nie są do końca rozładowywane. akumulator niejako zapamiętuje, ile pobiera się z niego energii w jednym cyklu i z czasem wykazuje utratę pojemności. Aby uniknąć tego zjawiska, wystarczy co kilka (5-6) cykli niepełnego rozładowania przeprowadzić cykl konserwujący polegający na pełnym naładowaniu i pełnym rozładowaniu kontrolnym, do napięcia około 1 V (nie mniej niż $0,8\text{ V}$ na ogniwo). W większości przypadków efekt pamięciowy jest odwracalny. Po stwierdzeniu go trzeba przynajmniej trzykrotnie w pełni naładować i rozładować akumulatorki.

Bardzo często utrata pojemności jest spowodowana innymi przyczynami, w tym słabą jakością ogniwa lub zużyciem ogniwa.

Sposoby ładowania akumulatorów:

- ładowanie standardowe najprostszą ładowarką niskim prądem $0,1\text{ C}$ przez 14 do 16 godzin jest bezpieczne. Ładowane tak małym prądem akumulatorki nawet nie do końca rozładowane nie ulegają przeładowaniu i nadmiernemu wzrostowi temperatury oraz nie tracą pojemności,
- przyspieszone ładowanie ogniwa prądem $0,2\text{ C}$ - $0,5\text{ C}$ można wykonać ładowarką posiadającą automatyczny wyłącznik odmierzający czas ładowania lub kontrolujący zmianę temperatury, napięcia i prądu ogniwa. Odmierzanie czasu ładowania ogranicza całkowity ładunek, jaki otrzyma akumulator. Przed takim ładowaniem należy sprawdzić, czy czas i prąd są dobrze dobrane do pojemności akumulatora i czy był on przedtem rozładowany. Ładownie zwiększonym prądem uszkadza akumulator, jeśli był on częściowo naładowany, lub miał mniejszą pojemność,
- ładowanie ekspresowe prądem ok. 1 C można przeprowadzić dla każdego współczesny akumulator w czasie 1-1,5 godziny. Czasu ładowania standardowego ogniwa nie można już skrócić, ponieważ występują ograniczenia szybkości reakcji chemicznych zachodzących podczas ładowania wewnątrz akumulatora,
- błyskawiczne ładowanie akumulatorów w czasie 10-15 min (do 1 godziny) jest możliwe tylko w przypadku nielicznych akumulatorów specjalnej konstrukcji.

METODYKA BADAŃ AKUMULATORÓW

Do badań akumulatorów wykorzystano ładowarkę impulsową TechnoLine BC700. Ładowarka posiada cztery niezależne kanały ładujące z możliwością pomiaru prądu i napięcia i pojemności akumulatora.

Parametry ładowarki:

- ładowanie ogniwa NiMH i NiCd typu AAA i AA
- skokowa regulacja prądu ładowania: 200 mA , 500 mA , 700 mA ,
- skokowa regulacja prądu rozładowania: 100 mA , 250 mA , 350 mA ,
- ładowanie standardowe,
- rozładowanie z pełnym naładowaniem,
- ładowanie,
- rozładowanie,
- test pojemności,
- odświeżanie.

Każdy kanał ładowarki posiada wyświetlacz, na którym można sprawdzić, jaką funkcję wykonuje ładowarka w danej chwili, jakie są wartości napięć i prądów oraz jaka jest aktualnie zmierzona pojemność akumulatora.

Do badań wykorzystano ogniwa NiMH różnych producentów o różnych pojemnościach oraz ładowarkę BC700. Pomiary były wykonywane dla ogniwa używanych oraz takich, które nadawały się już do wymiany.

Dla każdego z badanych ogniwa został przeprowadzony test, w którym ustalono ich pojemność rzeczywistą.

Następnie każde z ogniwa zostało poddane procesowi odświeżania wykonanemu przy użyciu opisanej wcześniej ładowarki. W celu ustalenia zakończenia procesu ładowania ładowarka kontroluje temperaturę ogniwa oraz DU.

Po zakończeniu procesu ładowarka podaje niewielki prąd podtrzymujący stan naładowania.

Ładowarka posiada funkcję pomiaru pojemności testowanych ogniwa. Funkcja odświeżania ogniwa polega na kilkukrotnym rozładowaniu i ładowaniu z pomiarem pojemności. Po osiągnięciu maksymalnej pojemności (w kilku kolejnych cyklach nie następuje już wzrost pojemności) proces odświeżania zostaje zakończony.

Funkcja pomiaru pojemności i funkcja odświeżania została wykorzystana do przeprowadzenia pomiarów.

POMIARY

Do pomiarów wykorzystano standardowe akumulatory NiMn o pojemnościach od 600 mAh do 3500 mAh . Każde z ogniwa zostało poddane odświeżaniu zgodnie z metodyką opisaną w rozdziale poprzednim. Wyniki uzyskane podczas pomiarów przedstawiono w tabeli 1.

Dodatkowo przeprowadzono pomiary wzrostu pojemności po przeprowadzeniu kilku cykli odświeżających. Wyniki przeprowadzonych kolejnych cykli odświeżających dla tego samego akumulatora przedstawiono w tabeli 2. Wykazały one niewielki wzrost pojemności akumulatora w szczególności pomiędzy cyklem 2 i 3.

Z tabeli 2 można wywnioskować, że uzasadnione jest przeprowadzenie dwóch cykli regenerujących pojemność

Tabela 1. Porównanie pojemności akumulatorów przed odświeżaniem i po przeprowadzonym procesie**Table 1.** Comparison of battery capacity before and after the refresh process

Typ/producent	Pojemność deklarowana [mAh]	Pojemność zmierzona [mAh]	Pojemność po odświeżaniu [mAh]	Przyrost pojemności w stosunku do wartości zmierzonej [%]
Star	3500	2013	2100	4,3
Maxcell	2700	2080	2148	3,3
Duracel	2650	2500	2520	0,8
Sanyo	2500	2308	2345	1,6
Forever	2500	2010	2060	2,5
GP	2500	2270	2283	0,6
Energy Tronic	2000	42	605	1340
Star Power	1800	1120	1326	18,4
Varta	1400	1395	1413	1,2
Energizer	1300	1315	1335	1,5
GP	1300	1360	1362	0,2
GP	1100	1025	1031	0,6
Vipow	900	560	615	9,8
Energy Tronic	900	528	537	1,7
Enelop	800	862	920	6,7
GP	600	136	152	11,7

Tabela 2. Wpływ kolejnych cykli odświeżania na pojemność akumulatora**Table 2.** Effect of successive refresh cycles on the battery capacity

Typ/Producent	Pojemność deklarowana	Pojemność zmierzona	Pojemność po kolejnym cyklu		
	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]
			1	2	3
GP	2500	2270	2283	2294	2303
Sanyo	2500	2345	2348	2349	2347
GP	2100	1690	1795	1860	1885
GP	1100	1025	1031	1043	1045
Energy Tronic	900	652	681	696	701

akumulatora. Dalsze zwiększanie będzie prowadziło do znikomego wzrostu pojemności a kolejne cykle będą powodowały zużycie akumulatora.

Podczas analizy wyników należy wziąć pod uwagę to, że są one wartością przybliżoną, ponieważ na wynik składa się wiele czynników m.in. temperatura ogniwa, prąd ładowania i rozładowania. Również stopień zużycia akumulatora i prawidłowe użytkowanie.

PODSUMOWANIE

Większość akumulatorów ma niższą pojemność od wartości podanej przez producentów. W przypadku markowych akumulatorów popularnych firm różnice te są niewielkie natomiast największe różnice występują w akumulatorach mało znanych producentów.

Ogniwa poddawane procesowi odświeżania zyskiwały zaledwie kilku procentowy przyrost pojemności w stosunku do wartości zmierzonej. Jedno z mocno zużytych odzyskało znaczną część swojej pojemności. Prawdopodobnie w tym ogniwie występował efekt pamięciowy.

Przy zastosowaniu kilku cykli odświeżających następuje jeszcze nieznaczny wzrost pojemności, ale jest on prawie niezauważalny.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że zauważalny efekt odświeżania ogniwa występuje w akumulatorach mocno zużytych, w których wystąpił efekt pamięciowy.

LITERATURA

1. **Borkowski A. 1990:** *Zasilanie urządzeń elektronicznych.* WKiŁ.
2. **Cisak A., Werblan L. 1986:** *Wysokoenergetyczne niewodne ogniwa galwaniczne.* PWN, Warszawa.
3. **Couper A. 2000:** *Lead-Acid Battery Desulfator.* Home Power 77 June/July.
4. **Czerwiński A. 2001:** *Współczesne źródła energii.* Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego Instytut Chemii Przemysłowej im. Prof. I. Mościckiego, Warszawa.
5. **Czerwiński A. 2005:** *Akumulatory, baterie, ogniwa.* WKiŁ, Warszawa.
6. **Czerwiński A. 2012:** *Akumulatory baterie ogniwa.* WKiŁ, Warszawa.

7. **Gomółka J., Kowalczyk F., Franke A. 1977:** *Współczesne chemiczne źródła prądu*. MON, Warszawa.
8. **Kleshov H. 2008:** *Integrated System of Tooling with the mixed Flexible Production of the Carved Stamps of the Cold Casting Stamping*. MOTROL 10B.
9. **Kopczyk M. 2009:** *Wytyczne techniczne dla baterii i akumulatorów w zakresie ich podlegania przepisom ustawy z dnia 24 kwietnia 2009 r. o bateriach i akumulatorach (Dz. U. Nr 79, poz. 666)*.
10. **Kordesch K., Simader G. 1996:** *Fuel Cells and their Applications*. VCH, Weinheim.
11. **Linden D., Reddy T.B. 1993:** *Handbook of batteries*. McGraw-Hill, New York.
12. **Pijanowski B. 1986:** *Akumulator*. WKiŁ, Warszawa.
13. **Pióro D. 2004:** *Energia – Gigawat – październik 2004*.
14. **Pudlik M. 2005:** *Principles of Wind Energy use as a Source of Energy in Agriculture*. MOTROL 7.
15. **REBA Organizacja Odzysku SA, 2005:** *Prawie wszystko o bateriach*, Warszawa.
16. **Styła S. 2011:** *Problemy w ocenie stanu technicznego samochodowych akumulatorów ołowiowych*. I Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków. Materiały konferencyjne. Lublin.
17. **Styła S., Sumorek A. 2009:** *Wybrane przypadki diagnostyki akumulatorów ołowiowych stosowanych w samochodach osobowych*. MOTROL.
18. **Vincent C.C., Scrosati B. 1997:** *Modern Batteries*. Arnold, London.
19. **Zienkiewicz R. 1999:** *Telefony komórkowe GSM I DCS*. WKiŁ, Warszawa.

BATTERY RECYCLING LOADERS BASE USING PULSE

Summary. The rapid development of electronics have led to the widespread use of a growing number of portable electronic devices equipped with its own power supply. It caused the need for miniaturized, high energy and reliable sources of electricity. To power these devices use rechargeable batteries, which convert chemical energy into electrical energy and vice versa. The need for reverse link causes the development of an aqueous solution electrochemistry, and the need to search for a new generation of primary cells, in which the electrode materials and high-electrolyte solutions.

Key words: battery, renew.