

JAKUBIEC Beata

## MODELE AKUMULATORÓW WYKORZYSTYWANE DO OCENY ICH STANU

### Streszczenie

*W artykule zaprezentowano problematykę modelowania akumulatorów. Scharakteryzowano właściwości akumulatorów używanych zwłaszcza do zasilania układów małej mocy. Przedstawiono modele wykorzystywane w identyfikacji stanu naładowania akumulatorów, jak i szacowania ich zużycia. Opisano rozwiązania najczęściej stosowane i prezentowane w literaturze.*

### WSTĘP

Ogniwa elektrochemiczne zasadniczo można podzielić na dwie grupy: ogniwa pierwotne (można tylko wykorzystać zgromadzoną w nich energię) oraz ogniwa wtórne (akumulatory), które umożliwiają wielokrotne gromadzenie i pobieranie energii elektrycznej. Ponieważ akumulatory są odwracalnym źródłem prądu znajdują bardzo szerokie zastosowanie m.in. w lotnictwie, wojsku, kolejnictwie, przemyśle oraz urządzeniach powszechnego użytku, jako zasilanie podstawowe, pomocnicze, rozruchowe, awaryjne. Są ogólnie wykorzystywanym źródłem zasilania we wszelkiego rodzaju urządzeniach przenośnych (np. laptopy, notebooki, palmtopy, telefony komórkowe i bezprzewodowe, radiotelefony, urządzenia GPS, kamery, aparaty cyfrowe, przenośne elektronarzędzia, bezprzewodowy sprzęt agd, latarki), urządzeniach UPS, czy też w pojazdach (np. wózki golfowe, wózki inwalidzkie, roboty mobilne, pojazdy szynowe, samochody EV i HEV, motocykle i rowery elektryczne, pojazdy RC). Obszar zastosowań ogniw ładowalnych wynika przede wszystkim z możliwości technologicznych i kosztu wytworzenia oraz rozmiarów akumulatora, a także ilości gromadzonej energii na kilogram masy.

W urządzeniach zasilanych akumulatorowo w ostatnich latach duży nacisk kładzie się na lepsze wykorzystanie zgromadzonej energii, czego głównym efektem ma być wydłużony czas użytkowania do następnego cyklu ładowania oraz zwiększona żywotność ogniw. Zadanie to realizują odpowiednie systemy. Zaprojektowanie takiego układu wiąże się z opracowaniem modelu akumulatora, dzięki czemu można dobrać odpowiedni algorytm optymalnego zarządzania procesem ładowania i rozładowania akumulatorów.

### 1. TYPY I PARAMETRY AKUMULATORÓW

Na rynku dostępnych jest kilka rodzajów akumulatorów. Do najpopularniejszych należą akumulatory ołowiowe (ołowiowo-kwasowe, żelowe), niklowo-kadmowe (NiCd), niklowo-metalowo-wodorkowe (NiMH), litowo-jonowe (Li-Ion), litowo-polimerowe (Li-Po), litowo-żelazowo-fosforanowe (LiFePo<sub>4</sub>). Ich nazwy odzwierciedlają zwykle skład chemiczny zastosowanych elektrod lub rodzaj elektrolitu. W zależności od konstrukcji akumulatory

charakteryzują się różnymi właściwościami oraz ceną wytworzenia. Wielkości opisujące właściwości akumulatora to:

- napięcie nominalne,
- minimalne i maksymalne napięcie pracy,
- pojemność,
- dostępna moc (energia),
- gęstość mocy (energii),
- prąd ładowania i rozładowania,
- stopień samorozładowania,
- efekt pamięci,
- temperatura pracy,
- rezystancja wewnętrzna,
- trwałość (liczba cykli ładowania/rozładowania, czas pracy),
- czas i sposób przechowywania.

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie najważniejszych parametrów dla wybranych typów akumulatorów. Podane wartości dotyczą pojedynczego ogniwa, a w celu zwiększenia napięcia nominalnego mogą być łączone szeregowo w pakiety.

**Tab. 1.** Podstawowe parametry ogniw wtórnych

Parametr	Pb	NiCd	NiMH	Li-Ion	Li-Po	LiFePo4
Napięcie nominalne [V]	2	1,2	1,2	3,7	3,7	3,2
Dopuszczalne napięcie pracy min-max [V]	1,8-2,4	0,9-1,45	0,9-1,45	2,7-4,2	2,7-4,2	2,3-3,9
Zakres tolerowanych temperatur [C]	-40-60	-20-45	-20-45	-20-60	-15-55	-30-60
Samorozładowanie	3-15%/mies.	1% /dzień	1,5%/dzień	0,5%/dzień	0,5%/dzień	0,3%/mies.
Liczba cykli	200-400	400-500	400-800	500-1000	500-1000	2000
Żywotność [lata]	3-8	4-6	4-6	3-5	2-3	10
Energia właściwa [Wh/kg]	25-40	35-50	60-80	150-240	120-180	80-120
Gęstość energii [Wh/l]	60-75	40-100	170-240	200-400	200-300	170-220
Moc właściwa [W/kg]	80-100	100-250	130-600	300-1000	300-1100	500-1500
Czas przechowania w 20 C [mies]	6-9	3-6	3-6	9-12	9	12

Źródło: [13,26,27,28]

Cały czas trwają prace nad nowymi typami akumulatorów, które przy niższej wadze i wielkości gromadziłyby więcej energii w jak najkrótszym czasie. Przykładem mogą być akumulatory litowo-tytanowe, a ostatnio akumulatory litowo-powietrzne o energii właściwej wynoszącej ok. 12kWh/kg [2].

## 2. SYSTEM ZARZĄDZANIA AKUMULATOREM

System zarządzania akumulatorem BMS (ang. *Battery Management System*) jest to zespół odpowiedniego oprogramowania oraz sprzętu monitorującego i sterującego procesem ładowania i rozładowania akumulatora, dzięki czemu można zapewnić optymalne wykorzystanie zgromadzonej energii zasilającej urządzenie, a także zminimalizować ryzyko wystąpienia awarii zasilania. Głównym celem jest więc maksymalizacja każdego cyklu rozładowania oraz wydłużenie czasu użytkowania akumulatora. Realizacja tego zadania wiąże się z określeniem najczęściej dwóch parametrów opisujących stan akumulatora:

- stanu naładowania SOC (ang. *State of Charge*),
- stanu technicznego SOH (ang. *State of Health*).

Stan naładowania akumulatora SOC określa ilość aktualnie zgromadzonego ładunku względem dostępnej pojemności akumulatora. SOH jest wskaźnikiem efektu starzenia i reprezentuje zdolność akumulatora do utrzymania swoich parametrów (np. pojemności) w porównaniu z nowym akumulatorem. W praktyce SOH może być definiowany jako stosunek maksymalnej pojemności akumulatora używanego do maksymalnej pojemności akumulatora nowego. Znajomość stanu technicznego pozwala więc na oszacowanie wydajności źródła zasilania w przyszłości.

Nie można bezpośrednio zmierzyć stanu naładowania ani stanu technicznego akumulatora. O wartościach tych parametrów wnioskuje się na podstawie pomiarów innych wielkości. W literaturze można znaleźć dużą różnorodność metod szacowania SOC i SOH. Przedstawione tam opracowania można generalnie podzielić na cztery kategorie: metody „Coulomb Counting”, metody adaptacyjne (sieci neuronowe, modele rozmyte, filtr Kalmana), metody eksperymentalne (pomiar impedancji, elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna) i metody mieszane [3,8,10,12,20,24]. Wszelkie błędy w szacowaniu SOC prowadzą do złej oceny stanu baterii przez system BMS i tym samym wpływają na niewłaściwą regulację prądu ładowania i rozładowania. Dzięki większej dokładności estymacji SOC oraz SOH można zatem uzyskać poprawę żywotności i wydajności baterii. Dlatego przy projektowaniu, implementacji i użytkowaniu systemów BMS ważną rolę odgrywają przyjęte modele akumulatorów, aby na ich podstawie dokładnie wyznaczać osiągi akumulatorów przy uwzględnieniu jak największej liczby zjawisk, które pojawiają się w trakcie eksploatacji źródła zasilania.

### 3. MODELE AKUMULATORÓW

Chociaż akumulatory wydają się być prostymi urządzeniami do magazynowania energii, to zachodzące w nich procesy elektrochemiczne i wiele dodatkowych czynników, które mogą wpływać na zmianę ich parametrów powodują, że nie są one łatwe do zamodelowania. Są przede wszystkim urządzeniami o parametrach mających charakter nieliniowy. Nieliniowe zależności zachodzą na przykład między pojemnością akumulatora a wartością pobieranego prądu, napięciem na zaciskach ogniwa a stanem naładowania. W opracowaniach naukowych przedstawiane są różnorodne modele akumulatorów, których postać wynika przede wszystkim z celu do którego zostały opracowane: projektowanie akumulatora, szacowanie wydajności ogniwa i przewidywanie czasu pracy w czasie rzeczywistym, zarządzanie energią czy symulacja obwodów. Modele też w różnym stopniu i zakresie oddają dynamikę akumulatorów. Proponowane modele ze względu na sposób opisu można podzielić na następujące grupy:

- modele elektrochemiczne,
- modele analityczne,
- modele stochastyczne,
- modele elektryczne.

#### 3.1. Modele elektrochemiczne

Modele elektrochemiczne w szczegółowy sposób opisują procesy chemiczne i fizyczne zachodzące w ogniwie. Są to modele dokładne, ale niełatwe do opracowania. Kompletny model składa się zazwyczaj z kilku nieliniowych równań różniczkowych, i ze względu na swoją złożoność są trudne do rozwiązania. Wymagają dużych nakładów obliczeniowych w związku z tym nie nadają się do zastosowania w systemach pracujących w czasie rzeczywistym [6,7,21,22]. W tej grupie można znaleźć również modele uproszczone, pomijające opis zjawisk termodynamicznych, a skupiające się na wyznaczeniu siły elektromotorycznej ogniwa. Do najbardziej znanych modeli należą [9,15,18]:

- model Shepherd’a,

- uniwersalny model Unnewehr’a,
- model Nernsta.

### 3.2. Modele analityczne

Modele analityczne są pewnym uproszczeniem modeli elektrochemicznych. Skomplikowane zależności zachodzące w trakcie procesu elektrochemicznego w ogniwie przedstawione są tu za pomocą równań niższego rzędu, ale uwzględniających nieliniowości i umożliwiających przewidzenie zmian pojemności w czasie pracy akumulatora. Spotyka się tu trzy modele: model kinetyczny, model dyfuzyjny i opisany prawem Peukert’a.

Równanie Peukert’a jest najprostszym modelem w tej grupie. Opisuje ono nieliniową zależność zmiany pojemności akumulatora w czasie rozładowania [13].

$$Q = I^\eta t \quad (1)$$

gdzie:  $Q$  – pojemność akumulatora rozładowywanego prądem o wartości  $I$ ,  $t$  – czas rozładowania,  $\eta$  – stała Peukert’a zależna od typu akumulatora.

Prawo Peukert’a dobrze sprawdza się dla stałego w czasie obciążenia akumulatora.

Model dyfuzyjny, nazywany modelem RV (Rakhmatov-Vrudhula), pozwala przewidzieć czas użytkowania ogniwa przy zadanym obciążeniu na podstawie zmian stężenia substancji czynnej (koncentracji jonów) znajdującej się między elektrodami. Podstawę tego modelu stanowią prawa Ficka [16].

Model kinetyczny KiBaM (ang. *Kinetic Battery Model*) procesy chemiczne zachodzące w ogniwie opisuje jako procesy kinetyczne. Ogniwo przedstawione jest w postaci dwóch połączonych zbiorników, w których jest zgromadzony ładunek w różnym stosunku. Jeden zbiornik reprezentuje energię dostępną dla użytkownika, pobieraną przez obciążenie, natomiast drugi odpowiada maksymalnej ilości zgromadzonej energii, która w trakcie ładowania poprzez zawór zasila pierwszy zbiornik. Wielkość przepływu ładunku zależy od wielkości zaworu oraz od różnicy poziomów w zbiornikach. Model ten w dobry sposób pokazuje nieliniową zmianę pojemności akumulatora, ale nie jest w stanie oddać jego właściwości dynamicznych [14].

### 3.3. Modele stochastyczne

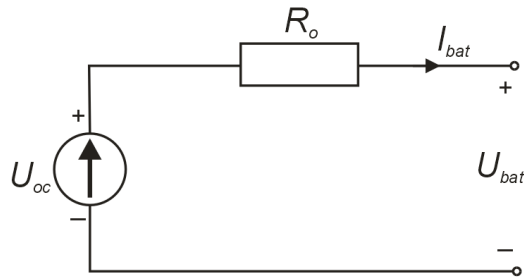
Inną propozycją są stochastyczne modele ogniwa. W tym podejściu zachowanie akumulatora opisywane jest w postaci procesów Markowa, gdzie wartości jego parametrów zmieniające się z pewnym prawdopodobieństwem, przedstawiają wielkości określające właściwości fizyczne ogniwa [5].

### 3.4. Modele elektryczne

Elektryczne modele zastępcze, ze względu na możliwości symulacyjne, są szczególnie interesujące i przydatne w projektowaniu systemów akumulatorowych i zarządzania nimi w czasie rzeczywistym. W modelach tych zjawiska elektrochemiczne reprezentowane są przez elementy RC i badane zależności już między wielkościami elektrycznymi [4,11,18].

Najprostszym modelem jest przedstawienie ogniwa jako idealnego źródła napięcia stałego, reprezentującego napięcie obwodu otwartego OCV (ang. *Open Circuit Voltage*), o rezystancji wewnętrznej  $R_o$  (rys. 1). Napięcie akumulatora to napięcie mierzone na zaciskach układu:

$$U_{bat} = U_{oc} - I_{bat} R_o \quad (2)$$

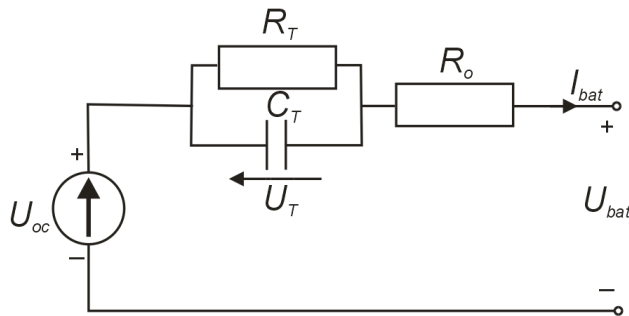


Rys. 1. Model zastępczy baterii idealny

W modelu Thevenina model idealny rozbudowano o gałąź RC, dzięki czemu uwzględniono dynamiczne właściwości akumulatora (rys. 2). Opory wewnętrzne stanowią  $R_o$  (rezystancja omowa) i rezystancja polaryzacji  $R_T$ . Pojemność równoważna odzwierciedla przebiegi przejściowe w akumulatorze podczas ładowania i rozładowania. Akumulator można wówczas opisać zależnościami:

$$\dot{U}_T = \frac{-1}{R_T C_T} U_T + \frac{1}{C_T} I_{bat} \quad (3)$$

$$U_{bat} = U_{oc} - U_T - R_o I_{bat}$$

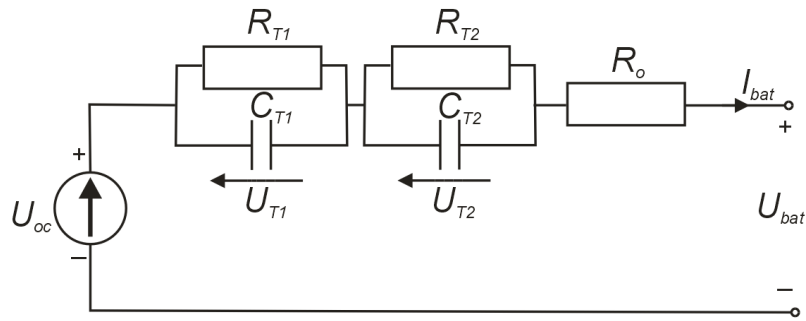


Rys. 2. Model Thevenina

W bardziej rozwiniętej postaci, w modelu akumulatora DP (ang. *Dual Polarization*), opór polaryzacji wyrażony jest przez rezystancję polaryzacji elektrochemicznej  $R_{T1}$  i polaryzacji stężeniowej  $R_{T2}$  (rys.3). Pojemności  $C_{T1}$  i  $C_{T2}$  reprezentują dynamiczne zachowanie akumulatora w zakresie niższych oraz wyższych prądów obciążenia podczas ładowania i rozładowania ogniwa. W tym przypadku mamy do czynienia z modelem II rzędu opisanego równaniami:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{T1} &= \frac{-1}{R_{T1} C_{T1}} U_{T1} + \frac{1}{C_{T1}} I_{bat} \\ \dot{U}_{T2} &= \frac{-1}{R_{T2} C_{T2}} U_{T2} + \frac{1}{C_{T2}} I_{bat} \end{aligned} \quad (2)$$

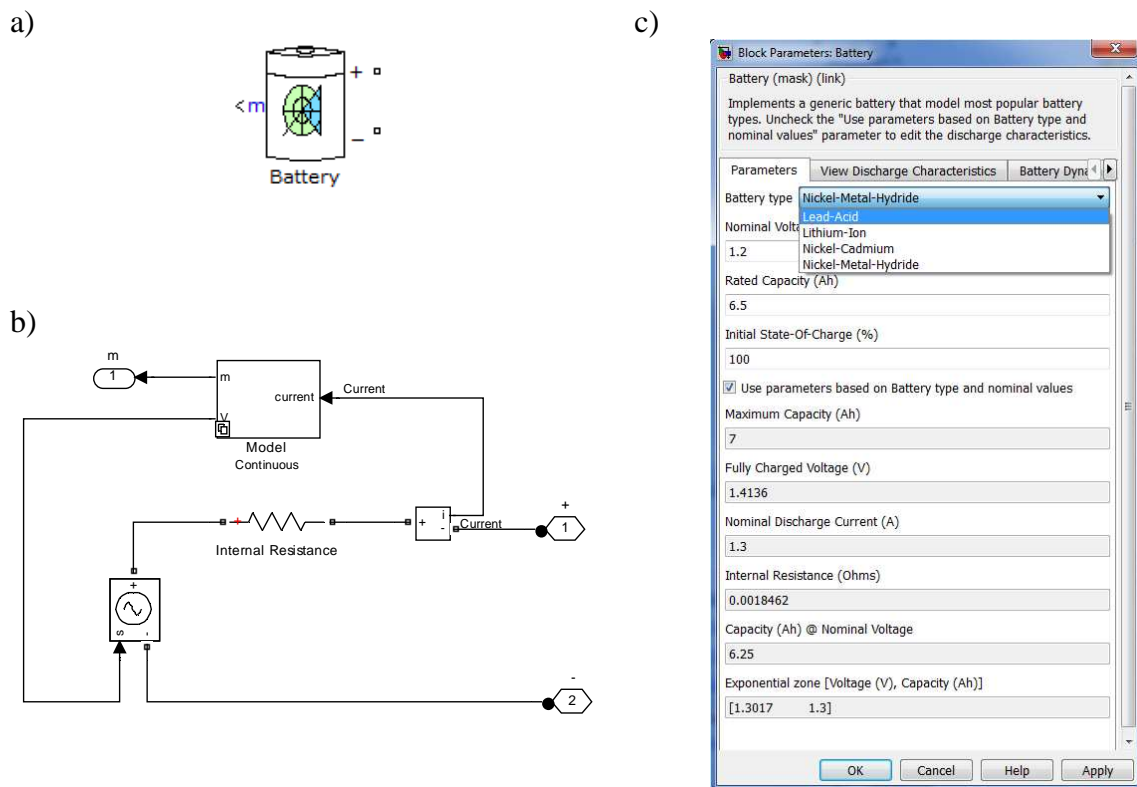
$$U_{bat} = U_{oc} - U_{T1} - U_{T2} - R_o I_{bat}$$



Rys. 3. Model DP

#### 4. PRZYKŁAD SYMULACYJNY

W programach symulacyjnych modele ogniw wtórnych oparte na elektrycznych schematach zastępczych można budować samodzielnie lub też skorzystać z proponowanych gotowych modeli. Dobrym przykładem jest pakiet Matlab, w którym w bibliotece Simscape/SimPowerSystems dostępny jest blok „Battery”. W oknie edycji parametrów można wybrać jeden z czterech typów akumulatorów (kwasowo-ołowiowy, NiCd, NiMH, Li-Ion), zadeklarować napięcie nominalne, pojemność oraz stan naładowania początkowego, a w razie konieczności zmodyfikować kształt otrzymanej charakterystyki akumulatora. Na rysunku 4 przedstawiono wygląd bloku, jego strukturę wewnętrzną (opartą na modelu z [23]) oraz okno zadawania parametrów.

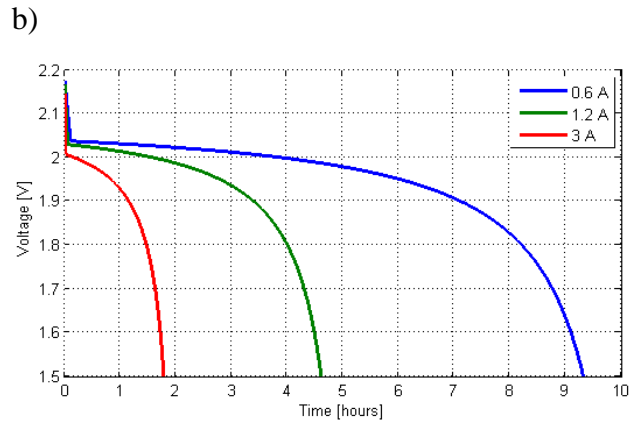
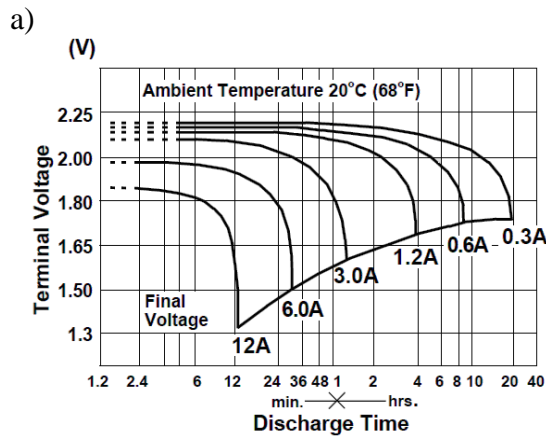


Rys. 4. Blok „Battery”: a) symbol, b) schemat, c) okno edycji parametrów  
Źródło: [19]

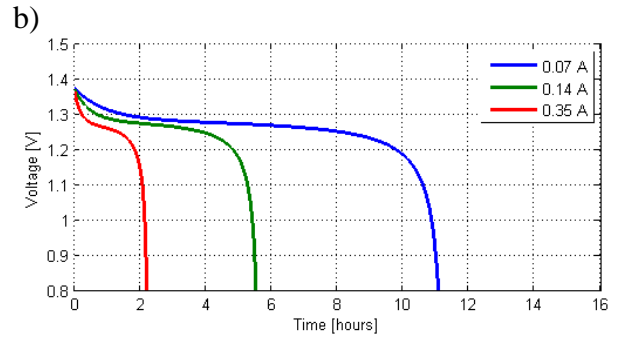
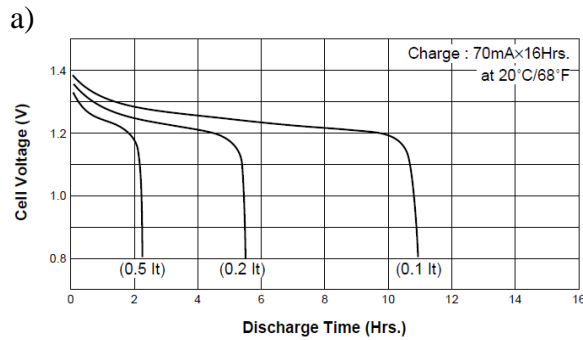
Celem sprawdzenia modelu proponowanego w programie porównano charakterystyki rozładowania akumulatorów deklarowane przez producentów z charakterystykami uzyskanymi z bloku „Battery”. Testy przeprowadzono dla czterech ogniw:

- kwasowo-ołowiowego Power-Sonic 2V 6000 mAh (rys. 5),

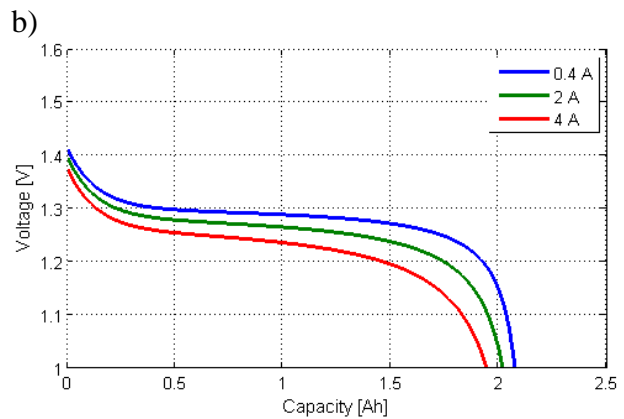
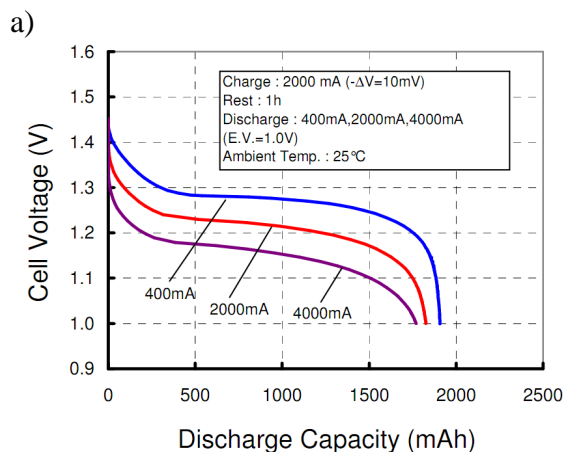
- nikielowo-kadmowego Sanyo 1.2 700mAh (rys. 6),
- nikielowo-metalowo-wodorkowego Sanyo 1.2 V 2000 mAh (rys. 7),
- litowo-jonowego Panasonic 3.7V 830mAh (rys. 8).



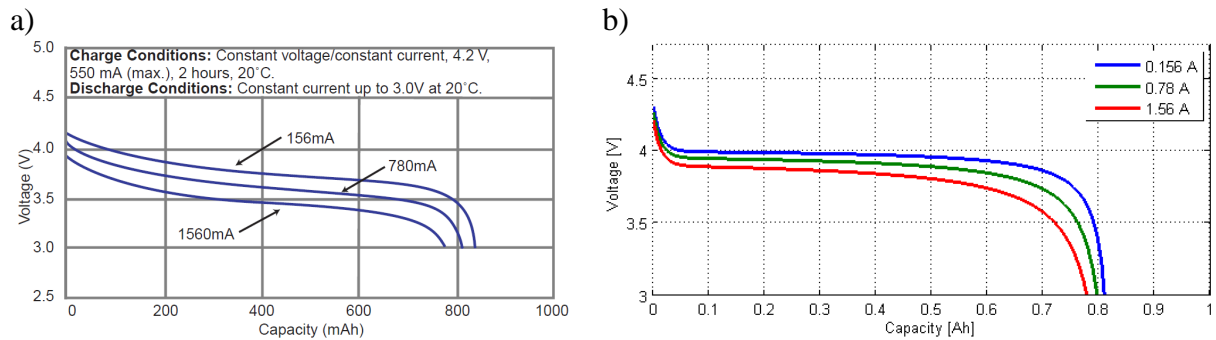
Rys. 5. Charakterystyka rozładowania a) katalogowa [30] i b) z modelu „Battery” dla ogniwa Pb



Rys. 6. Charakterystyka rozładowania a) katalogowa [1] i b) z modelu „Battery” dla ogniwa NiCd

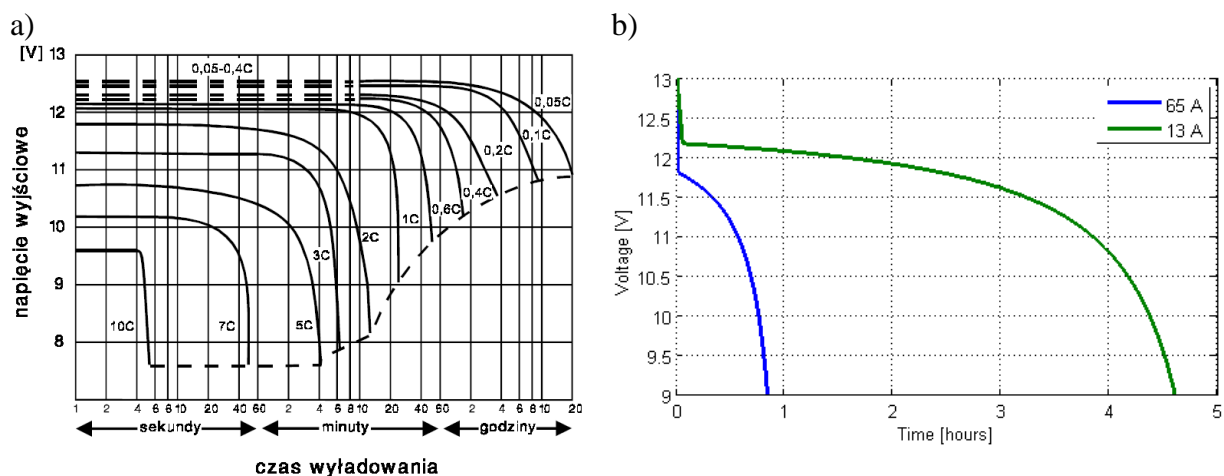


Rys. 7. Charakterystyka rozładowania a) katalogowa [25] i b) z modelu „Battery” dla ogniwa NiMH



Rys. 8. Charakterystyka rozładowania a) katalogowa [29] i b) z modelu „Battery” dla ogniwa Li-Ion

Sprawdzono również jakość odzwierciedlenia charakterystyki rozładowania dla pakietu ogniwi: akumulatora Pb o napięciu 12 V i pojemności 65Ah. Przebiegi symulacyjne przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Charakterystyka rozładowania a) katalogowa [31] i b) z modelu „Battery” dla ogniwa Pb 12V

Na podstawie uzyskanych wykresów widać dość dobre odwzorowanie charakterystyk rozładowania akumulatorów przez model „Battery”. Trzeba jednak pamiętać, że przy jego projektowaniu przyjęto pewne założenia upraszczające (m.in. nie uwzględniono wpływu temperatury, zmiany pojemności ogniwa wraz ze zmianą prądu obciążenia, samorozładowania), które mogą wpływać podczas symulacji na uzyskane wyniki.

## PODSUMOWANIE

Wraz z postępowaniem w technologii wytwarzania coraz bardziej wydajnych ogniwi rośnie liczba ich zastosowań. Użytkownicy akumulatorów oczekują od nich stabilnej, długiej i niezawodnej pracy. Spełnienie takich wymagań związane jest z opracowaniem odpowiednich sposobów monitorowania i zarządzania źródłem energii elektrycznej. Nie jest to możliwe bez dobrego odwzorowania parametrów ogniwi. W literaturze dostępna jest duża liczba opracowań modeli akumulatorów. Jednakże dla systemów pracujących w czasie rzeczywistym największe znaczenie mają modele oparte na elektrycznych schematach zastępczych. Modele elektryczne akumulatorów są jednymi z najczęściej stosowanych ze względu na ich prostotę i dokładność. Oferowanie w programach symulacyjnych gotowych modeli stanowi duże ułatwienie w pracach badawczych. Osobne zagadnienie stanowi uwzględnienie jak największej liczby czynników mających wpływ na zmianę parametrów ogniwa.



## BIBLIOGRAFIA

1. batteries.sanyo-component.com
2. Bruce P.G., Freunberger S.A., Hardwick L.J., Tarascon J.M., *Li-O<sub>2</sub> and Li-S batteries with high energy storage*. Nature Materials **11**(1), pp. 19–29, 2012.
3. Charkhgard M., Farrokhi M., *State-of-charge estimation for Lithium-ion batteries using neural networks and EKF*. IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 57, No. 12, pp. 4178–4187, Dec. 2010.
4. Chen M., Rincon-Mora G. A., *Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance*. IEEE Trans. Energy Conversion, Vol. 21, No. 2, pp. 504–511. Jun. 2006.
5. Chiasserini C.F., Rao R.R., *Energy efficient battery management*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.19, No.7, pp. 1235–1245, Jul. 2001.
6. Dees D. W., Battaglia V. S., Bélanger A., *Electrochemical modeling of lithium polymer batteries*. Journal of Power Sources, vol. 110, pp. 310–320, 2002.
7. Doyle M., Fuller T.F., Newman J., *Modeling of galvanostatic charge and discharge of the Lithium/Polymer/Insertion Cell*. Journal Electrochem. Soc., Vol.140, No.6, pp. 1526-1533 June 1993.
8. Hammouche A., Karden E., R., Doncker W.D., *Monitoring state-of-charge of Ni-H and Ni-Cd batteries using impedance spectroscopy*. Journal of Power Sources, Vol. 127, No. 1-2, pp.105–111, 2004.
9. Hussein A., Batarseh I., *An Overview of Generic Battery Models*. Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE pp.1-6, July 2011.
10. Huet F., A review of impedance measurements for determination of the state-of-charge or state-of-health of secondary batteries. Journal of Power Sources, Vol. 70, pp.59-69, 1998.
11. Jenkins N., Ruddell A. J., *Two electrical model of the lead-acid battery used in a dynamic voltage restorer*. Proc. IEEE Generation, Transmission, and Distribution, Vol. 150, No. 2, pp. 175-182, Mar. 2000.
12. Lee Y.-S., Kuo T.-Y., Wang W.-Y., *Fuzzy Neural Network Genetic Approach to Design the SOC Estimator for Battery Powered Electric Scooter*. 2004 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Aachen, Germany, 2004.
13. Linden D., Reddy T., *Handbook of Batteries*, 3rd ed., McGraw-Hill 2001.
14. Manwell J., McGowan J., *Extension of the kinetic battery model for wind/hybrid power systems*. Proceedings of the 5th European Wind Energy Association Conference (EWEC '94), pp. 284–289, 1994.
15. Nasar S.A., Unnewehr L.E., *Electromechanics and Electric Machines*. John Wiley 1993.
16. Rakhmatov D.N., Vrudhula S., *An analytical high-level battery model for use in energy management of portable electronic systems*. Proc. IEEE/ACM Int. Conf. Comput. Aided Design, pp. 488–493, 2001.
17. Salameh Z.M., Casacca M.A., Lynch W.A., *A Mathematical Model for Lead-Acid Batteries*. IEEE Transactions on Energy Conversions, Vol. 7, No. 1, 1992, pp. 93–97.
18. Shepherd C.M., *Design of Primary and Secondary Cells*. Journal of The Electrochemical Society, Vol. 112, pp. 657-664, 1965.
19. SimPowerSystem™ User's Guide (MatlabR2012a).
20. Singh P., Fennie C., Reisner D., *Fuzzy logic modeling of state-of-charge and available capacity of nickel/metal hydride batteries*. Journal of Power Sources, Vol. 136, No. 2, 322–333, 2004.
21. Smyshlyaev A., Krstic M., Chaturvedi N., Ahmed J., Kojic A., *PDE Model for Thermal Dynamics of a Large Li-Ion Battery Pack*. 2011 American Control Conference on O'Farrell Street, San Francisco, CA, USA June 29 - July 01, 2011.

22. Song L., Evans J.W., *Electrochemical-thermal model of lithium polymer batteries*. J. Electrochem. Soc. Vol.147, No.6, pp.2086–2095, June 2000.
23. Tremblay O., Dessaint L.-A., Dekkiche A.-I., *A Generic Battery Model for the Dynamic Simulation of Hybrid Electric Vehicles*. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Arlington, 2007.
24. Wang J.P., Guo J.G., Ding L., *An adaptive Kalman filtering based State of Charge combined estimator for electric vehicle battery pack*. Energy Conversion and Management, Vol. 50, No. 12, pp. 3182-3186, Dec. 2009.
25. [www.eneloop.info](http://www.eneloop.info)
26. [www.hardingenergy.com](http://www.hardingenergy.com)
27. [www.houseofbatteries.com](http://www.houseofbatteries.com)
28. [www.gpina.com](http://www.gpina.com)
29. [www.panasoniccoembatteries.com](http://www.panasoniccoembatteries.com)
30. [www.power-sonic.com](http://www.power-sonic.com)
31. [www.yuasaeurope.com](http://www.yuasaeurope.com)

## **BATTERY MODELS USED FOR ESTIMATE THEIR STATE**

### *Abstract*

*This paper presents a problem of modeling the batteries. The basic technical parameters of the batteries are specified. Battery models proposed in the literature to estimate the battery state of charge and state of health are described.*

***Autor:***

**dr inż. Beata JAKUBIEC**– Politechnika Częstochowska