

Alternatywne źródła zasilania układów mobilnych

Alternative energy sources for mobile systems

DAWID KULMANOWSKI
RADOSŁAW SMALEC
MATEUSZ TYCZKA *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.1.13>

Artykuł przedstawia źródła zasilania stosowane obecnie w układach mobilnych, takich jak niewielkie urządzenia elektroniczne czy roboty mobilne. Omówiono alternatywne źródła zasilania oraz podano ogólne wytyczne ich doboru do tego typu układów.

SŁOWA KLUCZOWE: ogniwo paliwowe, ogniwo fotowoltaiczne, akumulatory, źródła zasilania

The paper presents the current power source in mobile systems such as small electronic devices and mobile robots. Alternative power sources are discussed. The general guidelines for the selection of power sources in this type of system are has been given.

KEYWORDS: fuel cell, photovoltaic cell, batteries, power source

Wraz z rozwojem technologii, postępującą miniaturyzacją i coraz większymi wymogami dotyczącymi ekologii popularność alternatywnych źródeł zasilania szybko rośnie. Dotyczy to także szeroko rozumianych układów mobilnych, w których zapotrzebowanie na moc jest relatywnie niewielkie, a jednocześnie wymagane jest umieszczenie źródła zasilania w urządzeniu. Przykładem mogą być roboty mobilne czy drobny sprzęt elektroniczny. Dobór odpowiednie-

go źródła jest kluczowy z punktu widzenia projektowania układu, ponieważ wprowadza istotne ograniczenia i wpływa na mobilność tego układu. Wyróżnia się wiele rodzajów źródeł zasilania, które znajdują zastosowanie w rozwiązaniach mobilnych, m.in.: akumulatory, kondensatory, ogniwa fotowoltaiczne oraz ogniwa paliwowe.

Pomimo dynamicznego rozwoju technologii magazynowania i wytwarzania energii elektrycznej w wielu dziedzinach problem nadal stanowią ograniczenia dotyczące źródeł zasilania.

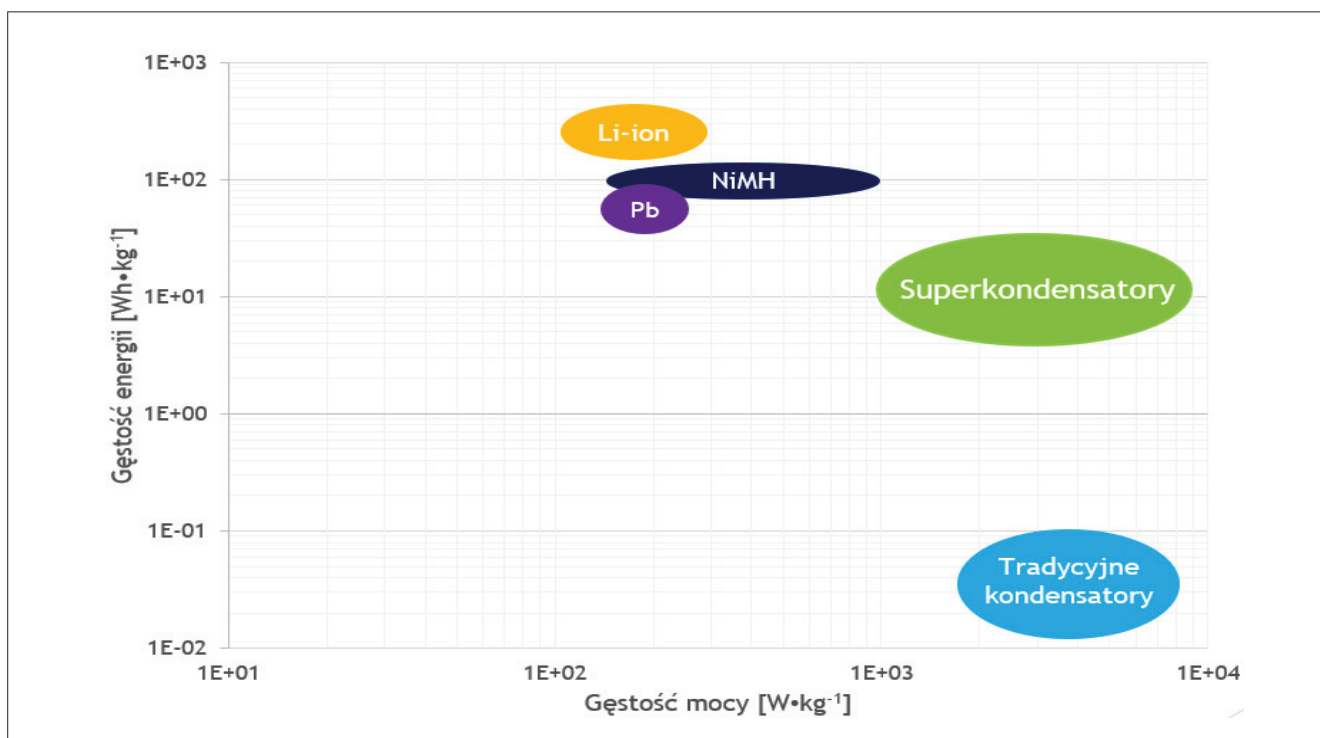
Dostępne rozwiązania układów zasilania

Akumulatory gromadzące energię elektryczną to tradycyjna i obecnie najpowszechniejsza metoda zasilania układów mobilnych. Trzy podstawowe typy akumulatorów to: litowe, niklowe oraz kwasowo-ołowiowe.

Akumulatory kwasowo-ołowiowe (Pb) są najstarsze i coraz rzadziej wykorzystywane. Wynika to przede wszystkim z ich niskiej gęstości energii (ok. 30 Wh/kg). Gęstość mocy wynosi ok. 180 W/kg, a liczba cykli ładowania waha się między 1200 a 1800. Zaletą tych akumulatorów jest niska cena.

W grupie akumulatorów niklowych podstawowe znaczenie mają akumulatory typu NiCd i NiMH o gęstości mocy odpowiednio ok. 50 i 120 Wh/kg. Liczba cykli ładowania dla tej grupy jest podobna jak w przypadku akumulatorów typu kwasowo-ołowiowego.

* Dawid Kulmanowski (dawidkulmanowski@gmail.com), Radosław Smalec (rsmalec@gmail.com), mgr inż. Mateusz Tyczka (mateusz.tyczka@polsl.pl) – Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska



Rys. 1. Porównanie gęstości energii i mocy dla różnych akumulatorów

W ostatnim czasie zdecydowanie najpopularniejsze są akumulatory na bazie litu. Wśród nich największe znaczenie mają akumulatory typu Li-Ion. Charakteryzują się one zdecydowanie największą gęstością energii spośród wszystkich omawianych akumulatorów, osiągającą nawet 250 Wh/kg. Gęstość mocy wynosi ok. 150 W/kg, a żywotność ok. 2000 cykli ładowania. Należy mieć na uwadze, że żywotność akumulatorów litowo-jonowych zależy od temperatury, w jakiej pracują.

Stopień samorozładowania dla wszystkich typów akumulatorów jest bardzo zbliżony i wynosi maksymalnie kilka procent na miesiąc [1]. Bez względu na rodzaj i cechy poszczególnych akumulatorów wszystkie mają takie wady, jak stosunkowo długi czas ładowania i występujące zjawisko samorozładowania.

Na rys. 1 przedstawiono zależność gęstości energii od gęstości mocy dla wymienionych technologii. Obecnie prowadzi się wiele prac badawczych nad nowymi typami akumulatorów. Przykładem mogą być akumulatory litowo-powietrzne o gęstości energii kilkakrotnie wyższej w porównaniu z akumulatorami Li-Ion [2].

Alternatywne układy zasilania

Ogniwa fotowoltaiczne (rys. 2) stanowią interesującą alternatywę dla tradycyjnych źródeł zasilania. Wyróżnia się trzy podstawowe grupy ogniw: krzemowe, półprzewodnikowe oparte na złączu p-n oraz pozostałe.

Sprawność tradycyjnych ogniw fotowoltaicznych opartych na krzemie sięga 20÷25%. Spośród wszystkich typów ogniw są one zdecydowanie najbardziej popularne. Najczęściej stosowanymi ogniwami fotowoltaicznymi krzemowymi są ogniwa polikrystaliczne i monokrystaliczne. Mają one najwyższą sprawność i szacuje się, że mogą efektywnie produkować prąd elektryczny przez co najmniej 30 lat. Do wad tych ogniw należy zaliczyć: starzenie się, stosunkowo wysoką cenę, zależność wydajności od warunków atmosferycznych oraz niski stosunek wydajności prądowej do potrzebnej powierzchni.

Nowoczesne ogniwa fotowoltaiczne wciąż są na etapie badań lub bardzo wczesnej komercjalizacji. Można do nich zaliczyć ogniwa cienkowarstwowe, produkowane zarówno z materiałów bardziej tradycyjnych, jak i nowatorskich, pozwalających na uzyskanie ogniw w pełni

elastycznych, o szerszych możliwościach zastosowania. Ogniwa słoneczne z materiałów półprzewodnikowych cechują się wyższą sprawnością. Dotyczy to zwłaszcza ogniw bazujących na związkach pierwiastków z grup III–V układu okresowego. Z tego rodzaju materiału stworzono ogniwo o rekordowej sprawności wynoszącej 46%. Dzięki zwiększeniu sprawności możliwe jest zmniejszenie wymaganej powierzchni fotowoltaicznej. Takie ogniwa są jednak niezwykle drogie w produkcji. Tańsze ogniwa cechują się natomiast niższą sprawnością – ok. 10%. Obniżenie ceny ogniwa wiąże się więc ze zwiększeniem jego wymaganej powierzchni [3].

Jednym ze sposobów na uzyskanie wysokiej gęstości energii jest zastosowanie wodoru jako paliwa. Ma on ponadtrzykrotnie wyższą gęstość energii od benzyny.

Ze względu na niską cenę, dobrą gęstość mocy oraz brak wymogu pracy w podwyższonej temperaturze najlepszym możliwym rozwiązaniem zasilania układów mobilnych wydają się ogniwa paliwowe z membraną do wymiany protonów (PEM FC). Pracę ogniwa paliwowego można opisać kilkoma procesami: dwie cząsteczki H_2 są utleniane do czterech protonów na anodzie, na katodzie zaś cząsteczka O_2 jest redukowana do dwóch anionów tlenu; następnie elektrony z cząsteczek H_2 wędrują przez odbiornik podłączony do ogniwa jako prąd elektryczny, a protony migrują przez elektrolit oddzielający elektrody i łączą się z anionami tlenu, tworząc wodę. Sprawność ogniw typu PEM wynosi ok. 50÷60%. Gęstość mocy uzyskiwana z ogniwa może przekraczać 1 kW/kg, co jest porównywalne z bateriami Ni-MH czy Li-Ion [4]. Zdecydowaną wadą ogniw paliwowych jest ich wysoka cena. Z zastosowaniem wodoru wiąże się problem jego przechowywania, ponieważ jest to gaz niebezpieczny, wybuchowy. Istnieją dwa tradycyjne sposoby przechowywania wodoru: w stanie gazowym po sprężeniu oraz w postaci cieczy po schłodzeniu poniżej $-240,18^{\circ}C$. Pierwsza metoda wymaga użycia zbiorników o dużych gabarytach i niejednokrotnie dużej masie, podczas gdy masa samego wodoru jest niewielka. Z kolei do przechowywania ciekłego wodoru konieczne jest chłodzenie zbiornika, co oznacza straty energii. Dotychczas żadna z tych metod nie nadawała się do zastosowania w układach mobilnych. Obecnie intensywnie rozwijane są alternatywne sposoby przechowywania wodoru, takie jak wiązanie chemiczne wodoru



Rys. 2. Podział ogniw fotowoltaicznych

do postaci stałych związków chemicznych oraz poprzez absorpcję na powierzchni zaprojektowanych do tego materiałów. Najpopularniejsze jest wiązanie wodoru do wodoroków metali. Takie rozwiązania, dostosowane do małych urządzeń, są już dostępne komercyjnie. Uwalnianie wodoru następuje stopniowo, wraz ze zużyciem, w temperaturze pokojowej. Podczas przechowywania wodoru ma bezpieczną, stałą postać [5]. Ogniwa paliwowe stanowią ogromną szansę na efektywne przechowywanie energii i stworzenie alternatywnego zasilania w stosunku do akumulatorów w urządzeniach elektronicznych.

Układy hybrydowe

Ograniczenia typowe dla poszczególnych rozwiązań można wyeliminować dzięki połączeniu kilku rodzajów źródeł zasilania. Dobrym przykładem jest ogniwo wodoro- wzbogacone o zestaw akumulatorów, np. litowo- jonowych, pełniących rolę magazynu energii. Taki układ jest bardziej skomplikowany, lecz umożliwia kumulowanie energii i oddawanie jej wtedy, gdy obciążenie jest największe, co pozwala na zmniejszenie mocy i tym samym kosztów ogniwa. Można go wykorzystać w układach działających okresowo [6].

Podsumowanie

Pomimo szerokiego wyboru źródeł zasilania nie istnieje rozwiązanie uniwersalne. W przypadku układów mobilnych szczególne znaczenie mają wymiary i masa

źródła, czyli w konsekwencji gęstość energii i mocy źródła zasilania. Zazwyczaj jest to podstawowe kryterium doboru źródła zasilania układów mobilnych. Należy jednak pamiętać także o innych aspektach, takich jak cena czy możliwość pracy w różnych warunkach środowiskowych.

W większości sytuacji tradycyjne źródła zasilania dobrze zdają egzamin, jednak wraz z rozwojem technologii może to ulec zmianie.

LITERATURA

1. Hadjipaschalis I., Poullikkas A., Efthimiou V. "Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (2009): s. 1513–1522.
2. Tan P., Jiang H.R., Zhu X.B., An L., Jung C.Y., Wu M.C., Shi L., Shyy W., Zhao T.S. "Advances and challenges in lithium-air batteries". *Energy*. 1143 (2018): s. 467–477.
3. Ibn T. Mohammeda, Koha S.C.L., Reaney I.M., Acquayed A., Schileoc G., Mustaphae K.B., Greenough R. "Perovskite solar cells: An integrated hybrid lifecycle assessment and review in comparison with other photovoltaic technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 80 (2017): s. 1321–1344.
4. Murphy O.J., Cisar A., Clarke E. "Low-cost light weight high power density PEM fuel cell stack". *Electrochimica Acta*. 43, 24 (1998): s. 3829–3840.
5. Niaz S., Manzoor T., Pandith A.H. "Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 50 (2015): s. 1513–1522.
6. Fathabadi H. "Novel fuel cell/battery/supercapacitor hybrid power source for fuel cell hybrid electric vehicles". *Energy*. 1143 (2018): s. 457–469. ■