

Akumulatory
Wydział SiMR, kierunek IPEiH
III rok I stopnia studiów, semestr V
dr hab. inż. Leszek Niedzicki

Sprawy organizacyjne

- 30 godzin wykładu
 - Dwa zaliczenia – na ósmym i na ostatnim wykładzie
 - Poprawa (jeśli będzie potrzebna) w sesji
 - Prowadzący: dr hab. inż. Leszek Niedzicki
- Wydział Chemiczny, Gmach Starej Chemii
(Noakowskiego 3), p. 346 (opis „jak dotrzeć” na www)
telefon: 22 234 7421
email: leszek.niedzicki@pw.edu.pl
www: lniedzicki.ch.pw.edu.pl (wykłady w pdf)
konsultacje: MS Teams
+ aktualne dane na stronie www

Treść wykładu

1. Przegląd akumulatorów. Akumulatory kwasowo-olowiowe - rodzaje, budowa, sposób działania.
2. Akumulatory nikielowo-wodorkowe i nikielowo-kadmowe.
3. Akumulatory wysokotemperaturowe.
4. Anody do ogniw litowo-jonowych. Zjawiska związane z wbudowywaniem się jonów w struktury krystaliczne.
5. Katody do ogniw litowo-jonowych. Zjawiska związane z wbudowywaniem się jonów w struktury krystaliczne.
6. Sole litowe do elektrolitów w ogniwach litowo-jonowych.
7. Elektrolity ciekłe do ogniw litowo-jonowych. Stabilność elektrolitów a zanieczyszczenia. Separatory.
8. Polielektrolity, elektrolity żelowe, polimerowe i stałe w ogniwach litowo-jonowych. Ogniwa cienkowarstwowe.
9. Ciecze jonowe w ogniwach litowo-jonowych. Możliwości modyfikacji cieczy jonowych, możliwości modyfikacji materiałów za pomocą cieczy jonowych.
10. Metody modyfikacji elektrolitów. Dodatki funkcjonalne do elektrolitów.
11. Dobór materiałów i optymalizacja parametrów ogniwa litowo-jonowego pod kątem zastosowania. Maksymalizacja parametrów do zastosowań specjalnych.
12. Produkcja baterii litowo-jonowych w małej skali do specjalnych zastosowań i w skali przemysłowej. Elementy ogniwa niezbędne do pracy ogniwa, ale nie biorące udziału w magazynowaniu i odzysku energii. Rodzaje struktur ogniw. Metody montowania ogniw. Obudowy i zabezpieczenia. Problemy projektowe i technologiczne przy produkcji ogniw.
13. Kierunki rozwoju akumulatorów. Akumulatory cynkowo-powietrzne i litowo-powietrzne. Akumulatory sodowo-jonowe.
14. Charakterystyka prądowo-napięciowa. Cyklowanie, zużycie ogniwa a jego praca. Diagnostyka ogniw. Uszkodzenia i niebezpieczeństwa związane z ogniwami litowo-jonowymi. Rodzaje zabezpieczeń na poziomie chemii i elektroniki.
15. Recykling baterii. Ograniczenia w dostępie do materiałów.

Bibliografia

Książki polecane, ale nieobowiązkowe. Polecane dla uzupełnienia wiedzy, powtórzenia materiału, wyjaśnienia teorii w inny sposób. Do zaliczenia wystarczy opanowanie wiedzy przedstawionej na wykładach.

- A. Czerwiński – „Akumulatory, baterie, ogniwa”
- W. Bogusz, F. Krok – „Elektrolity Stałe”
- G.A. Nazri, G. Pistoia – „Lithium Batteries”

Akumulatory
Wydział SiMR, kierunek IPEiH
III rok I stopnia studiów, semestr V
dr hab. inż. Leszek Niedzicki

Przegląd akumulatorów

Miary

Napięcie	– w V (voltach)
Prąd	– w A (amperach)
Moc	– w W (watach)
Energia	– w J (dżulach), w praktyce w Wh (=3600 J)
Gęstość energii	– w Wh/kg lub Wh/dm ³
Gęstość mocy	– w W/kg lub W/dm ³
Gęstość prądu	– w A/cm ² , ew. dzieląc gęstość mocy przez napięcie
Czas życia	– w latach lub ilości cykli ładowania-rozładowania

6

Przechowywanie energii

Od największej do najmniejszej skali stosowania:

- Elektrownie szczytowo-pompowe (99%)
- Termiczne (stopiona sól lub oleje mineralne)
- Paliwo do ogniw paliwowych (fuel cells)
- Ogniwa galwaniczne (akumulatory)
- Superkondensatory (EDLC, hybrydowe)
- Ogniwa przepływowo (flow cells)
- Bezwładniki (koła zamachowe – flywheels)
- Sprężone powietrze (CAES) lub inne gazy

7

Elektrownie szczytowo-pompowe

- Największe w Polsce (tylko te duże to ok. 1,8 GW tj. 5% potrzeb kraju):
Żarnowiec 716 MW, Żar 500 MW (+Porąbka 12MW), Solina 200 MW (+Myczkowice 8,3 MW), Żydowo 156 MW, Niedzica 92,7 MW (+3 małe 6,6 MW), Dychów 91,3 MW.
- Największe na świecie:
Bath County 3003 MW (USA), Huizhōu 2448 MW (Chiny), Guǎngdōng 2400 MW (Chiny), Okutataragi 1932 MW (Japonia), Ludington 1872 MW (USA), Tiānhuāngpíng 1836 MW (Chiny), Grand'Maison 1800 MW (Francja)
- Skala 0,1-100 GWh.

8

Termiczne

Zbiorniki ze stopioną solą (zwykle mieszanina KNO_3 i NaNO_3) lub z olejem mineralnym (o bardzo niskiej lotności), w temperaturach powyżej 300°C , tak aby po ochłodzeniu w wymiennikach ciepła nie zastygały (i nie zmieniały się lepkość). Służą jako magazyn ciepła do ogrzania niższej wrzącego czynnika (woda) i odparowania go by napędzał turbinę (taką, jak w zwykłych elektrowniach ciepłych). Typowe instalacje pozwalają na utrzymanie pełnej mocy elektrowni przez 5-16 godzin (noc i zachmurzenia). Zwykle instalowane przy elektrowniach heliologicznych. Skala 100-1000 MWh.

9

Ogniwa galwaniczne

Wszelkie chemiczne źródła energii, w których w wyniku reakcji utleniania-redukcji dochodzi do przepływu elektronów przez zewnętrzny obwód. W przeciwieństwie do ogniw paliwowych i przepływowych nie można im „dodać” pojemności i mają zamkniętą strukturę. Jest wiele typów ogniw galwanicznych, ale podstawowy podział jest na ładowalne (wtórne) i nieładowalne (pierwotne). Nieładowalne zwykle nie przekraczają kilku Wh. Zespoły ogniw ładowalnych do zastosowań energetycznych mają skalę do ok. 100 MWh.

10

Paliwo do ogniw paliwowych

Dowolne paliwo, które można wygenerować w wyniku użycia energii elektrycznej i które można następnie użyć do spalania/użycia jako paliwa w ogniwach paliwowych. W praktyce używany jest wodór (najczęściej jako produkt elektrolizy wody lub odwrócenia działania ogniwa paliwowego – wodór z reformingu metanu się nie zalicza tutaj). W teorii (zwykle jako produkt reakcji generowanego wodoru z innymi substancjami) mogą to być także metan, metanol, etanol, aldehyd octowy, amoniak, borany, gaz syntezowy i wiele innych. Wszystkie ogniwa poza bazującymi na wodorze używane są póki co tylko w instalacjach testowych. Oczywiście produkty można też spalać, ale ogniwo paliwowe jest znacznie wydajniejsze, chociaż trudno osiągnąć bardzo dużą skalę (póki co).

11

Ogniwa przepływowe

Od kilku lat obecne (sporo to wciąż instalacje testowe lub eksperymentalne). Są to ogniwa galwaniczne używające do działania katolitu i anolitu (anody i katody jako zawiesziny w elektrolicie) reagujących ze sobą poprzez specjalną membranę (odpowiednik separatora w ogniwach tradycyjnych). Brak ograniczeń dla pojemności, gdyż decyduje o niej rozmiar zbiorników. O gęstości prądu decyduje powierzchnia membran. Wadą duża ilość pneumatyki, ograniczenia w pozyskiwaniu komponentów (dla najpopularniejszej technologii wanadowej). Zaletami są łatwa skalowalność pojemności (ale nie mocy), niepalność, długi czas życia w cyklach (kilkanaście tysięcy cykli po rozwiązaniu was membran i krystalizacji/aglomeracji zawieszin). Skala >1 MWh. Istnieje kilka instalacji >10 MWh, komercyjne produkowane do poziomu ok. 200 kWh.

12

Superkondensatory

Kondensatory to urządzenia przechowujące energię w formie ładunku elektrostatycznego na okładkach przedzielonych dielektrykiem. W praktyce do przechowywania energii w skali przemysłowej mają superkondensatory. Przechowują one ładunek na rozbudowanych strukturach, w których funkcje dielektryka i okładek pełni warstwa podwójna na elektrodach (EDLC), przy czym czasem łączy się tą metodą z przechowywaniem jonów (s. hybrydowe). Skala do 1 kWh (10-20 Wh/kg). Główne wady to koszt i mała gęstość energii. Zaletą jest ogromna gęstość prądu.

13

Sprężone gazy

Eksperymentalna technologia przechowywania energii w formie sprężonych gazów (ew. do stopnia, w którym są ciekłe). Głównie jest to powietrze (z racji braku kosztów pozyskania). Poza małymi instalacjami w zbiornikach, duża skala ma w przyszłości bazować na opuszczonych kopalniach, kawernach i opróżnionych pokładach gazu ziemnego. W praktyce istnieją trzy instalacje wielkoskalowe na świecie (w Niemczech i USA). CAES docelowo ma mieć skalę rzędu 1 GWh i 10-100 MW. Niska wydajność cyklu ładowania-rozładowania, albo duże koszty budowy (wymyenniki ciepła).

15

Przechowywanie energii

Oprócz energetyki, testowanie nowych technologii przechowywania energii przebiega obecnie zwykle w systemach magazynowych – zarówno akumulatory, ogniwa paliwowe jak i superkondensatory testowane są w podajnikach i wózkach widłowych. Są to systemy niekrytyczne i w razie spadku pojemności jedynie podjeżdżają częściej do ładowania/napełniania.

17

Bezwładniki

Bezwładniki to koła zamachowe z ogromną energią kinetyczną (duża masa i olbrzymia prędkość obrotowa).

Współcześnie konstruuje się je na łożyskach magnetycznych (ew. powietrznych) a same koła wirują w próżni (brak tarcia powietrza). Małe używane są w samochodach sportowych i wyścigowych, duże jako zasilanie zapasowe w szpitalach, stacjach metra i centrach danych. Skala 1-100 kWh (w zestawach do 5 MW). Wadą jest niska gęstość energii i spadek pojemności bez zasilania. Zaletą są niskie wymagania co do warunków otoczenia; nie są też potrzebne specjalne lub drogie substancje do produkcji; długi okres życia i nieskończona ilość cykli ładowania-rozładowania.

14

Przechowywanie energii

Przechowywanie energii za pomocą procesów chemicznych:

- Superkondensatory – niska gęstość energii
- Ogniwa jednorazowe – marnotrawstwo
- **Ogniwa wielorazowe – wysoka gęstość energii i dojrzała technologia**
- Ogniwa paliwowe – potrzeba dostarczania gazu, (mogą mieć przyszłość w przypadku zasilania wodorem wytwarzanego z wyrównywania dostaw energii z OZE)
- Ogniwa przepływowe – wciąż eksperymentalne

16

Akumulatory, baterie, ogniwa

- **Ogniwo** – ogniwo galwaniczne (składa się z dwóch elektrod, elektrolitu, separatora, obudowy)
- **Bateria** – bateria ogniw – kilka ogniw (ładowalnych lub nieładowalnych) złożonych w stos (szeregowe połączenie) o napięciu równym sumie napięć ogniw i pojemności jednego ogniwa. Potocznie (i nieprawidłowo) nazywane jest tak ogniwo pierwotne (pojedyncze, nieładowalne).
- **Akumulator** – ogniwo wtórne (ładowalne) – akumulujące energię.
- **Ogniwo pierwotne** – ogniwo nieładowalne
- **Ogniwo wtórne** – ogniwo ładowalne

18

Miara ładowania i rozładowania

Standardową dla branży (choć formalnie niezbyt naukową) miarą tempa rozładowania jest C.

C to taki prąd, że dane ogniwo (bez względu na jego pojemność) naładuje się (rozładuje) w ciągu jednej godziny.

Tak więc 1C oznacza, że prąd jest tak dobrany, żeby ładowanie trwało godzinę.

2C – pół godziny (prąd dwa razy większy, a więc dwa razy krótszy czas ładowania)

5C – 12 minut (1/5 godziny)

C/2 – 2 godziny; C/3 – 3 godziny; C/20 – 20 godzin

1C oznacza, że zarówno 1 Ah jak i 100 Ah akumulator naładują się w godzinę, tylko dla pierwszego oznaczać to będzie 1 A a dla drugiego 100 A.

19

Łączenie ogniw

- Szeregowe – potencjał baterii jest wielokrotnością potencjału pojedynczego ogniwa, ale pojemność baterii jest równa pojemności pojedynczego ogniwa (np. 4 połączone szeregowo ogniwa Li-ion o pojemności 1200 mAh i napięciu 3,6 V dają baterię 14,4 V i 1200 mAh);
- Równoległe – pojemność baterii jest wielokrotnością pojemności pojedynczego ogniwa, ale potencjał baterii jest równy potencjałowi pojedynczego ogniwa (np. 4 połączone równoległe ogniwa Li-ion o pojemności 1200 mAh i napięciu 3,6 V dają baterię 3,6 V i 4800 mAh);
- Oczywiście można łączyć także ogniwa zarówno równoległe jak i szeregowo (np. 2x2 ogniwa Li-ion o pojemności 1200 mAh i napięciu 3,6 V dają baterię 7,2 V i 2400 mAh).

20