



Magazyny energii

Budowa pakietów z ogniw litowych (1)

Akumulator jest elementem w którym możemy zgromadzić energię i przechowywać ją przez pewien okres czasu. W artykule przeprowadzimy krótką charakterystykę różnych typów ogniw akumulatorowych oraz omówimy ich wady i zalety. Szczególną uwagę poświęcimy powszechnie dziś stosowanym ogniwoom litowym. W kolejnej części artykułu pokażemy jak samodzielnie zbudować dowolny pakiet li-ion z ogniw typu 18650.

Obecnie dostępne na rynku rodzaje ogniw akumulatorowych to:

- kwasowo ołowiowe,
- niklowo kadmowe (Ni-Cd),
- niklowo wodorkowe (Ni-Mh),
- litowo-jonowe (Li-Ion),
- litowo-polimerowe (Li-Po),
- litowo-żelazowe (Li-Fe, Li-FePo4).

Z Akumulatorami kwasowo ołowiowymi chyba każdy z nas miał do czynienia - są powszechnie stosowane w pojazdach spalinowych. Technologia znana jest od XIX wieku i na dobrą sprawę ma więcej wad niż zalet. Powstały dwa odpowiedniki pierwowzoru, akumulator żelowy oraz AGM.

Akumulator żelowy wyróżnia się tym, że do kwasu siarkowego, który jest elektrolitem, dodawana jest krzemionka. Dzięki temu akumulator jest bardziej odporny na wstrząsy, mniej podatny na samorozładowanie, lepiej znosi głębokie rozładowanie i jest bezobsługowy. Natomiast technologia AGM (*Absorbe Glass Mat*) różni się tym, że elektrolitem jest nasączona mata z włókna szklanego. Dzięki temu praktycznie nie ma możliwości wydostania się kwasu z akumulatora. Ma podobne właściwości jak akumulator żelowy. Podstawowe zalety akumulatorów kwasowo-ołowiowych to:

- powszechność tego typu,
- korzystna cena.

Natomiast do wad możemy zaliczyć:

- dużą wagę i gabaryty w stosunku do pojemności,
- niską sprawność,
- wrażliwość na obciążanie dużymi prądami przez dłuższy czas,
- wrażliwość na temperaturę – praca przy około 30...40°C powoduje znaczny spadek żywotności.

Kolejną grupę stanowią akumulatory niklowo-kadmowe oraz niklowo-wodorkowe. Kiedyś były stosowane w praktycznie każdej przenośnej elektronice, od radiotelefonów po elektronarzędzia, a nawet w niektórych samochodach elektrycznych. Teraz spotykane są jako wielorazowe „paluszki”, których używamy do zegarów czy pilotów od telewizorów. Jedną z największych wad tego typu ogniw jest efekt pamięciowy. Objawia się tym, że jeśli takiego akumulatora nie rozładujemy całkowicie to przy próbie doładowania nie będziemy w stanie wykorzystać w pełni pojemności którą dany model oferuje. Zalety akumulatorów niklowych to:

- duża dostępność,
- korzystna cena.

Natomiast ich głównymi wadami są:

- niska sprawność,
- słaby stosunek pojemności oraz wydajności prądowej do gabarytów,
- efekt pamięciowy.

Najnowocześniejszą grupą ogniw akumulatorowych są ogniwa litowe. Aktualnie najczęściej stosowane, praktycznie całkowicie wyparły ogniwa niklowe. Posiadają większe pojemności i oferują dużą wydajność prądową (niska rezystancja wewnętrzna) przy mniejszej wadze i gabarytach w porównaniu do wcześniejszych typów akumulatorów. Nie mają efektu pamięciowego. Akumulatory litowe dzielimy na trzy główne typy, każdy z nich ma trochę inne właściwości.

Ogniwa litowo-jonowe

Obecnie najpowszechniej stosowane, charakteryzują się najlepszą proporcją pojemności do gabarytów oraz dobrą wydajnością prądową. Pracują w zakresie napięciowym między 2,5...4,2 V. Pod nazwą litowo-jonowe, kryje się kilka rodzajów receptur chemicznych, każda z nich ma trochę inne właściwości oraz zawiera różne domieszki składników chemicznych. Podstawowe różnice polegają na tym, że albo mamy ogniwo o stosunkowo małej pojemności, np. 2500 mAh ale możemy je rozładowywać dużym prądem np. 10 A. Albo mamy ogniwo o stosunkowo wysokiej pojemności, np. 3500 mAh ale możemy je rozładowywać prądem o wartości maksymalnie 5 A.

Często spotykane są w obudowach cylindrycznych typu 18650. Co to oznacza? Obudowa cylindryczna to po prostu walec, a standard 18650 to jego wymiary, 18 mm średnicy, 65 mm długości. Stosowane

są praktycznie wszędzie, począwszy od power banków, przez pojazdy elektryczne, do wielkich magazynów energii na farmach solarnych o pojemnościach nawet kilkudziesięciu kWh.

Dlaczego wszyscy używają takich ogniw w obudowie cylindrycznej? Dlaczego nie stosuje się płaskich ogniw, takich jak w telefonach? Ogniwa pryzmatyczne mają dwa zasadnicze problemy, przede wszystkim nie są tak uniwersalne jak ogniwa cylindryczne ponieważ jesteśmy ograniczeni tylko do kształtów kwadratowych, prostokątnych. A ogniwa cylindryczne możemy ułożyć w praktycznie każdy kształt i maksymalnie wykorzystać dostępną przestrzeń.

Drugim problemem jest odprowadzanie ciepła, niestety najczęściej płaskie ogniwa są ze sobą bezpośrednio sklejane co powoduje wzajemne grzanie się cel podczas pracy i dość znaczne nagrzewanie się wnętrza pakietu. W przypadku ogniw cylindrycznych mamy ten problem rozwiązany, ponieważ w budowie pakietów używa się specjalnych koszyków dzięki którym między każdym ogniwem jest mała szczelina powietrzna niwelująca wzajemne podgrzewanie się ogniw. Firma Tesla opatentowała specjalny system chłodzenia cieczą ogniw cylindrycznych w pakietach, który praktycznie eliminuje problem nierównomiernego nagrzewania się ogniw.

Metalowa obudowa lepiej chroni przed ewentualnymi uszkodzeniami mechanicznymi. Takie ogniwo dużo trudniej uszkodzić niż ogniwo pryzmatyczne. Trzeba się naprawdę postarać aby doprowadzić do samozapłonu przez uszkodzenie mechaniczne. Miałem okazję widzieć ogniwo, którego terminal ujemny był zgnieciony o jakieś 4 mm i działało prawidłowo. Są stosunkowo bezpieczne, jeśli będą przestrzegane zasady ich użytkowania. Jednak w razie jakiegokolwiek uszkodzenia nie wolno używać już takiego ogniwa.

Jest wielu producentów ogniw 18650 i każdy ma długą listę modeli (**fotografia 1**). Często trafiają się ogniwa o prawie identycznej specyfikacji u kilku producentów. Różnice są minimalne, a praktycznie są to te same ogniwa. Jednak trzeba uważać, ponieważ jest sporo ogniw które mają znacznie zawyżoną pojemność, np. 8800 mAh, a realna pojemność mieści się w okolicach 200 mAh. Są one bardzo niebezpieczne, ponieważ mają bardzo małą wydajność prądową, co przy próbie szybkiego rozładowania może skończyć się samozapłonem takiego ogniwa.

Na rynku dostępne są także ogniwa opisane jako „nowe depakietowane”. Od razu uprzedzę, że nie należy się ich bać i nie jest to złom jak twierdza niektórzy. Więcej na ten temat wyjaśnię w następnej części artykułu.

Ogniwa litowo-polimerowe

Charakteryzują się bardzo dużą wydajnością prądową, właśnie dlatego często stosowane są w modelach zdalnie sterowanych, gdzie przy niskim napięciu prądu przekraczają nawet 100 A. Małe ogniwa są często produkowane w tej technologii, ponieważ przy niewielkich gabarytach uzyskują naprawdę imponujący prąd wystarczający do zasilania drobnej elektroniki. Działają w zakresie 3,2 V (czasem 3 V) do 4,2 V (w niektórych rodzajach nawet do 4,35 V – Li-HV).

Niestety ta technologia nie pozwala uzyskać tak wysokiej pojemności jak technologia litowo-jonowa. Ogniwa te występują tylko



Fotografia 1. Przykładowe modele ogniw w standardzie 18650



Fotografia 2. Dwa ogniwa pryzmatyczne, jedno spuchnięte

w obudowach pryzmatycznych. Nie umieszcza się ich w obudowach cylindrycznych z jednego dość prostego powodu – z czasem takie akumulatory zaczynają puchnąć zwiększając swoją objętość (**fotografia 2**). Technologia ta jest stosunkowo niestabilna, w internecie możemy znaleźć filmy pokazujące płonące ogniwa. Wystarczy takie ogniwo przebić, zgnieść lub przeładować a czasami nawet próba ładowania z stanu głębokiego rozładowania (czego się nie powinno robić) może doprowadzić do samozapłonu. Niestety zdarza się również że taki akumulator zapali się samoczynnie podczas prawidłowego ładowania lub rozładowania.

Ogniwa litowo-żelazowe

Miały swój czas na rynku, ale niestety przegrały przez słabe parametry, które realnie dość mocno odbiegały od tych zawartych w notach katalogowych. Swego czasu firma A123 Systems (już nieistniejąca) pracowała nad tymi ogniwami i uzyskała technologię dającą naprawdę zadziwiające parametry, ale niestety bardzo drogą. Ogniwa miały trzy istotne zalety:

- miały największą wydajność prądową,
- były najbezpieczniejsze pod względem samozapłonu,
- były najbardziej żywotne.

W niektórych przypadkach takie ogniwa przetrwały 8000 cykli ładowania-rozładowania, gdzie np. standardowe ogniwa litowo-jonowe nie przekraczają przeważnie 1000 cykli. Porównanie specyfikacji ogniwa litowo-jonowego z litowo-żelazowym pokazuje **tabela 1**.

Nasuwa się pytanie: dlaczego już się ich nie produkuje? W niektórych zastosowaniach A123 niema sobie równych, ale te zastosowania należą do pewnej niszy co w połączeniu z wysoką ceną takiego ogniwa spowodowało problemy tej firmy, a ostatecznie jej bankructwo. Dzisiaj nadal można kupić ich oryginalne produkty, lecz są to leżaki magazynowe, które pomimo czasu nadal są w pełni wartościowymi akumulatorami. Zakres napięcia pracy tego typu ogniw mieści się w przedziale od 2...3,6 V.

Pozostałe ogniwa litowo-żelazowe innych producentów raczej nie dorównują tym przedstawionym powyżej, ich parametry należy traktować „z przymrużeniem oka”. Na dzień dzisiejszy zamiast tego typu lepiej wybrać ogniwa litowo-jonowe lub ewentualnie litowo polimerowe.

Cechy ogniw litowych

Zalety akumulatorów w technologii litowej:

- duża dostępność,
- możliwość łączenia w różnorodne pakiety,
- szeroki wachlarz zastosowań
- bardzo dobry stosunek pojemności i wydajności prądowej do rozmiarów oraz wagi.

Podstawowe wady:

- ryzyko zapłonu
- wysoka cena

Tabela 1. Porównanie parametrów ogniw Li-Fe i Li-Ion

Producent, typ	A123 systems (Li-Fe)	Efest (Li-Ion)
Obudowa	26650	26650
Pojemność	2,5 Ah	5 Ah
Prąd rozładowania ciągły	70 A	18 A
Prąd rozładowania chwilowy (10 s)	120 A	45 A
Szybkie ładowanie 0%...80% (10 A)	12 min.	-

- wrażliwość na temperaturę – im niższa tym mniejsza pojemność/sprawność ogniwa, a temperatura powyżej 50°C mocno degraduje/uszkadza ogniwo,
- wymagają stosowania elektroniki zabezpieczającej (BMS).

Technologia litowa wymaga stosowania odpowiednich układów elektronicznych które zabezpieczają nasz pakiet przed samozapłonem czy uszkodzeniem. Powszechnie taki układu elektroniczny nazywamy BMS (*Battery Management System*) – system zarządzania baterią. Więcej na ten temat znajdzie się w kolejnej części artykułu.

Zasady eksploatacji ogniw litowych

- Zawsze należy ładować akumulator ładowarką przeznaczoną do danego typu ogniw (o odpowiednim prądzie ładowania oraz napięciu końcowym ładowania),
- Większe pakiety powinny posiadać elektronikę zabezpieczającą,
- Wskazane jest korzystanie z ładowarek o solidnej jakości wykonania,
- Nie należy zostawiać ładujących się akumulatorów bez nadzoru,
- Akumulator należy ładować z dala od materiałów palnych,
- Nie należy obciążać akumulatora prądami większymi niż znamionowe,
- Nie należy modyfikować ani ładowarek, ani akumulatorów,
- Jeśli akumulator nie będzie używany przez dłuższy czas, powinien być zostawiony w stanie około 60% naładowania (li-ion/li-po do napięcia około 3,7 V, li-fe około 3,1 V dla pojedynczego ogniwa). W takim stanie najlepiej pozostawić akumulator w chłodnym miejscu o temperaturze pomiędzy 0...10°C. Zostawianie akumulatora w pełni rozładowanego może doprowadzić do stanu głębokiego rozładowania. Natomiast przetrzymywanie akumulator naładowany do pełna traci szybciej swoje właściwości – powyżej 4,05 V dla ogniw li-ion/li-po,

- Po dłuższym nieużywaniu, pierwsze ładowanie musi być bezwzględnie przeprowadzone pod nadzorem,
- W przypadku uszkodzenia mechanicznego akumulatora należy przeprowadzić kontrole stanu ogniw,
- Ogniwa litowe w wysokiej temperaturze ulegają szybszej degradacji. Maksymalna temperatura nie powinna przekroczyć 80°C,
- Akumulator w niskich temperaturach ma mniejszą sprawność i powinien być wtedy słabiej obciążany,
- Pakiet z BMS-em należy w miarę często doładowywać do pełna, ponieważ tylko wtedy balanser jest w stanie przeprowadzić proces konserwacji (wyrównania) akumulatora.

Kiedy akumulator jest zużyty?

Wszystkie dane odnośnie żywotności akumulatorów odnoszą się do pojemności 80% nowego ogniwa. Jeżeli pakiet nie ulegnie jakiejś awarii to później dalej można go używać. Natomiast jeśli dokumentacja ogniwa mówi, że będzie działało przez 3 lata, to przeważnie po 3 latach będzie miało 80% swojej początkowej pojemności.

Akumulatory, które są stosowane w układach awaryjnego zasilania, mają ściśle określaną datę ważności, i po której muszą zostać wymienione. Akumulatory nie muszą być wtedy zużyte, ale takie działania gwarantują, że w razie potrzeby zasilanie awaryjne będzie pracowało prawidłowo.

Przy uszkodzonych używanych pakietach litowych, najczęściej uszkodzeniu ulega tylko jedna sekcja, a pozostałe są w pełni sprawne. Układ BMS odłącza całkowicie całą baterie i nie pozwala jej załączyć. Popularne stało się (szczególnie w Ameryce) skupywanie starych baterii laptopowych. Takie akumulatory były bardzo tanie, ponieważ większość była uszkodzona, właśnie w sposób omówiony powyżej. Były więc bardzo dobrym źródłem tanich ogniw do mało wymagających zastosowań np. do powerwalla.

W kolejnej części artykułu, która ukaże się w następnym miesiącu, opiszę jak samemu samodzielnie wykonać dowolny akumulator litowo-jonowy z ogniw w standardzie 18650.

Bartek Plonka
poinpl21@gmail.com

Artykuł ma charakter poglądowy, teoretyczny. Związku z tym autor nie ponosi żadnej odpowiedzialności za wykorzystanie informacji zawartych w artykule.

REKLAMA

*O projektach, mini, soft i wielu
innych diskutuj
na <https://forum.ep.com.pl>*