

## 1. Wstęp

Akumulator litowo-polimerowy (potocznie li-po, li-pol, li-poly) to chyba najczęstszy wybór robotyków i modelarzy, szukających wydajnego zasilania do swoich konstrukcji. Posiada on wiele zalet, które czynią go niezastąpionym elementem wielu konstrukcji. Jeżeli szukasz odpowiedniego źródła zasilania do swojego robota, a nie jesteś jeszcze zdecydowany, lub gdy szukasz informacji, jak bezpiecznie korzystać z akumulatorów tego typu, to ten artykuł jest dla Ciebie!

## 2. Budowa

Akumulatory litowo-polimerowe, jak sama nazwa wskazuje, zbudowane są ze stopów litu oraz polimerów przewodzących.

Poniższy obrazek przedstawia budowę pojedynczego ogniwa. Każde ogniwo ma dwa wyprowadzenia: anodę (+), oraz katodę (-). Wydaje mi się, że dalsze zagłębianie się w struktury akumulatorów możemy pozostawić chemikom.



Źródło: <http://www.fatclicks.listy.info.pl>

Elektrolit w li-polach może mieć postać stałą lub postać żelu, co znacząco zmniejsza możliwość wycieku. Nie oznacza to, że akumulatory te są przez to mało podatne na uszkodzenia, co zostanie szerzej opisane w dalszej części tekstu.

Istnieją dwa określenia akumulatorów, które należy znać:

**Ogniwo** to pojedynczy akumulator, posiadający wspomniane dwa wyprowadzenia. Popularną nazwą ogniwa jest **cela** od angielskiego "cell" (ogniwo).

**Pakiet** to nic innego, jak akumulator składający się z więcej niż jednego ogniwa. Najczęściej stosowane w robotyce są akumulatory 2 i 3-ogniowe, choć istnieją nawet 10-ogniowe. Pakiety najczęściej posiadają dodatkową wtyczkę **balansera**, która zawiera wyprowadzenia wszystkich ogniw (więcej informacji o balanserze w dalszej części tekstu).



Kliknij aby powiększyć

Pojedyncze ogniwo (cela).



Kliknij aby powiększyć

Pakiet.

### 3. Oznaczenia

W akumulatorach li-po przyjęło się pewne oznaczenia, które ułatwiają identyfikację jego parametrów:

- ilość ogniw - oznaczana literą S (dla ogniw połączonych szeregowo) albo P (ogniwa połączone równolegle). Przykład: 3S - pakiet złożony z trzech cel połączonych szeregowo, 1S - pojedyncze ogniwo, 2S2P - pakiet złożony z 2 ogniw połączonych szeregowo i dwóch ogniw połączonych równolegle. Ponieważ każde ogniwo ma napięcie znamionowe równe 3,7V, łatwo więc jest wyliczyć napięcie całego pakietu korzystając ze wzorów na połączenia szeregowo i równoległe ogniw.

- wydajność prądowa - oznaczona literą C. Określa ona maksymalne natężenia prądu, który można pobierać z akumulatora. Nie jest to wartość wprost podana w amperach - liczba ta jest mnożnikiem, który pomaga wyliczyć wynik w amperach. Typowe wartości to 10C, 15C, 20C, 35C, itd (wielokrotności liczby 5).

Spotyka się również oznaczenia np. 30-40C, gdzie 30C to typowa wydajność, a 40C to wydajność chwilowa: akumulator nie zostanie uszkodzony, jeśli prąd chwilowo podskoczy w przedział wartości 30-40C.

- maksymalny prąd ładowania - również określony literą C. Informuje nas o maksymalnym

prądzie, jakim można ładować akumulator, aby nie uległ on uszkodzeniu. Obliczanie odbywa się w taki sam sposób jak obliczanie wydajności prądowej, z tą różnicą, że prąd ładowania jest dużo niższy od prądu rozładowywania, zazwyczaj jest to 1C, 2C (dla akumulatorów z dużą ilością ogniw, niestosowanych raczej w robotyce amatorskiej, często nawet 6C).

- pojemność - podawana w mAh, informuje nas, przez jaki czas będziemy mogli pobierać prąd o danym natężeniu. Dla akumulatorów o dużych pojemnościach można spotkać oznaczenie po prostu Ah, co jest wartością 1000 razy większą (m-mili,  $10^{-3}$ ).



Kliknij aby powiększyć

Przykład: akumulator 2S (7,4V), 800mAh, prąd rozładowywania 10C

## 4. Obliczanie napięcia, wydajności prądowej, dobieranie pojemności

### 1. Napięcie

W przypadku napięcia sprawa ma się prosto. Pojedyncze ogniwo li-po ma znamionowe napięcie zasilania równe 3,7V - w okolicach tej wartości "pracuje" najdłużej. Maksymalna wartość napięcia na jednym ogniwie to 4,2V, minimalna to 3V i **nigdy, nigdy, przenigdy nie wolno tych wartości przekraczać!** Jest to podstawowa zasada bezpiecznego korzystania z akumulatorów, nie dostosowanie się do niej grozi uszkodzeniem akumulatora, a często również pożarem.

Do obliczania napięć znamionowych, minimalnych i maksymalnych wystarczy nam elementarna wiedza dotycząca połączeń szeregowych i równoległych ogniw.

Przy ogniwach połączonych szeregowo szybko można obliczyć napięcia:

$$V_p = V_o * n$$

, gdzie  $V_p$  to napięcie pakietu,  $V_o$  to napięcie ogniwa, które jest stałe i wypisałem je wcześniej, a  $n$  to ilość ogniw w pakiecie. W ten sposób obliczymy zarówno, typowe, minimalne jak i maksymalne napięcie pakietu.

W przypadku ogniw połączonych równolegle napięcie ma wartość napięcia wszystkich ogniw połączonych szeregowo. Dla przykładu: 3P napięcie znamionowe wyniesie 3,7V, 3S3P będzie miało napięcie znamionowe będzie równe 11,1V. W przypadku takich połączeń sumują się pojemności akumulatorów.

Ogniwa połączone równolegle są jednak dużo mniej popularne i praktycznie nie są stosowane w robotyce amatorskiej, ponieważ przy napięciach i pojemnościach akumulatorów w robotach łatwiejszym i tańszym sposobem niż kupowanie pakietu połączonego równolegle jest kupienie pakietu o większej pojemności. Dlatego dalsza część tego artykułu będzie już dotyczyła tylko ogniw połączonych szeregowo.

Chociaż w akumulatorach li-po napięcie na każdym ogniwie w pakiecie powinno być równe, to zdarzają się sytuacje (na skutek złego użytkowania, błędów w produkcji), że napięcia na poszczególnych ogniwach pakietu są różne. Mówimy wtedy o rozbalansowaniu ogniw, co jest zjawiskiem niebezpiecznym i może być przyczyną uszkodzenia akumulatora. To zjawisko zostanie szerzej omówione w punkcie o balanserze.

## 2. Wydajność prądowa

Akumulatory li-po słyną ze swojej dużej wydajności prądowej. Nie powinno się natomiast zakładać, że każdy akumulator sprawdzi się w każdych warunkach. Odpowiednie dobranie wydajności prądowej akumulatora może pozwolić nam na obniżenie kosztów, ponieważ akumulatory z tą samą ilością ogniw oraz z tą samą pojemnością, ale z większą wydajnością, są odpowiednio droższe. Jednocześnie będziemy pewni, że nasz robot jest bezpieczny, ponieważ akumulator może bez być bez przeszkód rozładowywany prądem o danym natężeniu.

Wydajność prądową w najprostszy sposób obliczymy tak:

$$I_p = C_p * x$$

, gdzie  $I_p$  to maksymalna wydajność prądowa pakietu,  $C_p$  to pojemność pakietu, a  $x$  to liczba, która jest określona na pakiecie literą C. Jeśli pod  $C_p$  podstawimy pojemność w mAh, wynik otrzymamy w mA, jeżeli natomiast podstawimy pojemność w Ah, wynik otrzymamy w A.

Przykład 1:

Posiadam pakiet 1200mAh, o maksymalnej wydajności prądowej określonej jako 20C. Jaki maksymalny prąd mogę z niego pobrać?

$$I_p = 1,2Ah \times 20$$

$$I_p = 24A$$

Wynik: możemy pobrać maksymalnie prąd o natężeniu 24A.

Przykład 2:

Mój robot będzie pobierał maksymalnie prąd 6A. Chcę użyć akumulatora o pojemności 500mAh. Z jaką wartością C powinienem wybrać akumulator?

$$I_p = C_p * x$$

$$x = I_p / C_p$$

$$x = 6A / 0,5Ah$$

$$x = 12$$

Wynik: Ponieważ parametr C jest zazwyczaj wielokrotnością liczby 5, zatem jego najbliższa wyższa wartość (przybliżamy w górę) wynosi 15C.

**UWAGA:** Nigdy nie dobierajmy akumulatora na styk do parametrów. Zawsze warto zostawić

sobie pewien zapas możliwości. Na przykład, gdy wyliczymy, że parametr C wynosi 18 lub 19, to lepiej wybrać akumulator o wydajności prądowej określonej jako 25C.

### 3. Obliczanie maksymalnego prądu ładowania

Obliczanie maksymalnego prądu ładowania przebiega niemalże identycznie, jak obliczanie wydajności prądowej, z tą różnicą, że musimy podać inny parametr C. Tu pojawiają się pewne schody - liczba ta nie jest wypisana na pakiecie. Aby ją znaleźć, trzeba się zagłębić w dokumentację akumulatora, albo znaleźć jego dokładny opis. Czytając opisy ze sklepów internetowych należy wziąć poprawkę na ewentualne błędy - sprzedawca może przypadkowo zawyżyć ten parametr, jednak za uszkodzony akumulator nikt pieniędzy nie zwróci.

Dla przykładu, mamy taki pakiet:

[http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_7305\\_Rhino\\_610mAh\\_2S\\_7\\_4v\\_20C\\_Lipoly\\_Pack.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_7305_Rhino_610mAh_2S_7_4v_20C_Lipoly_Pack.html). Zerkamy w tabelkę z parametrami. Interesuje nas parametr "Max Charge Rate". Dla tego akumulatora wynosi on 2C.

Jeżeli nie znaleźliśmy parametru w żadnym opisie, to przyjmujemy parametr  $C = 1$ .

Pierwszą rzeczą którą należy w tym temacie wiedzieć, jest to, że **większy prąd ładowania skracia żywotność pakietu!** Ładując prostymi tanimi ładowarkami zazwyczaj nie mamy możliwości regulacji tego prądu i wtedy całe obliczanie maksymalnego prądu ładowania mija się z celem. Jeśli natomiast możemy ustawić prąd ładowania, to należy wybrać kompromis, pomiędzy **najmniejszym prądem a najkrótszym czasem ładowania**. Jeśli zależy nam na czasie, bo ładujemy na przykład na zawodach i za pół godziny musimy wystartować, to możemy ładować akumulator jego maksymalnym prądem. Jeśli natomiast skończyliśmy już testy w domu, chcemy mieć naładowane akumulatory na następny dzień, a jest godzina 17, to wybieramy małe prądy ładowania, rzędu 0,5C.

Skorzystamy z tego samego wzoru, który określa maksymalną wydajność prądową:

$$I_p = C_p \times x$$

, gdzie  $I_p$  to maksymalny prąd ładowania,  $C_p$  to pojemność a  $x$  to parametr maksymalnego prądu ładowania w C.

Przykład:

Posiadam akumulator 800mAh. Nie znalazłem jego parametru C maksymalnego prądu ładowania. Jakim maksymalnym prądem mogę ładować akumulator?

-> Ponieważ nie znamy parametru C, przyjmujemy że  $C = 1$

$$I_p = 0,8Ah \times 1$$

$$I_p = 0,8A$$

Wynik: Możemy ustawić prąd ładowania maksymalnie na 0,8A. Najlepiej jednak ładować prądem 0,3-0,5A.

### 4. Obliczanie czasu pracy akumulatora

Temat tego punktu jest chyba na tyle oczywisty, że nie ma sensu go szerzej opisywać.

Aby obliczyć czas pracy akumulatora, musimy znać wartość prądu, jaką zużywa robot podczas

pracy. Raczej nie zdarza się, aby robot przez cały czas pracy pobierał taki sam prąd - wartość pobieranego prądu może mieć od kilkunastu mA do kilku, a czasem do kilkunastu A. Musimy zatem wyliczyć średnią wartość zużywanego prądu przez robota na odcinku czasu, przez jaki robot ma działać na jednym akumulatorze.

Czas pracy akumulatora określimy ze wzoru:

$$t = C_p \div I_s$$

, gdzie  $t$  to czas pracy,  $C_p$  to pojemność pakietu a  $I_s$  to średni pobierany prąd. Należy pamiętać, aby użyć tego samego przedrostka przed pojemnością akumulatora i średnim prądem, gdy podajemy pojemność w mAh, to średni prąd musimy również podać w mA. Wynik otrzymamy w godzinach.

Przykład:

Przyjmujemy, że robot ma działać 45min. W tym czasie trwają testy, robot jest programowany, następnie poddawany normalnej pracy. Podczas normalnej pracy zużywa prąd 2A, podczas programowania jest to 100mA (0,1A). Programowanie robota zajmuje 15min z czasu pracy, testy 30min. Jaką pojemność powinien mieć akumulator?

Wyliczamy, że:

$15/45 = 1/3$  - czas programowania (zużywania prądu 0,1A)

$30/45 = 2/3$  - czas pracy (zużywanie prądu 2A)

Liczymy zatem średnią:

$I_s = (1/3 \times 0,1A) + (2/3 \times 2A)$  /mnożymy ułamki

$I_s = 0,1A/3 + 4A/3$  /wspólny mianownik - dodajemy ułamki

$I_s = 4,1A/3$

$I_s \approx 1,37A$

Zatem nasz robot przez 45min będzie pobierał około 1,37A.

45 min to  $\frac{3}{4}$  (0,75) godziny.

Znając te wartości, możemy policzyć dalej:

$$t = C_p \div I_s$$

$$C_p = t \times I_s$$

$$C_p = 0,75h \times 1,37A$$

$$C_p \approx 1,03Ah = 1030mAh$$

Wynik: Nasz akumulator powinien mieć pojemność większą od 1030mAh.

Wyniki takich obliczeń nigdy nie będą dokładne i będą obarczone błędem, ponieważ nie jesteśmy w stanie sprawdzić, jakie jest rzeczywiste średnie zużycie prądu robota, ponieważ zależy ono od wielu innych czynników. Dlatego zamiast wyliczać średnią, możemy znacząco uprościć obliczenia, przyjmując typową wartość prądu, jaką pobiera robot podczas pracy.

Przykład: Line Follower podczas jazdy z pełną prędkością po prostej pobiera 1,5A. Chcemy, żeby mógł jeździć po torze przez czas pół godziny. Jaką pojemność powinien mieć akumulator?

$$C_p = t \times I_s$$

$$C_p = \frac{1}{2}h \times 1,5A$$

$$C_p = 0,75Ah = 750mAh$$

Wynik: Używając akumulatora o pojemności 750mAh nasz robot będzie jeździł po torze przez czas 30min. Wiemy więc, że jeżeli w tym czasie będą momenty mniejszego zużycia prądu, to czas działania robota się zwiększy, zmaleje natomiast czas jazdy po torze.

Należy jednak pamiętać, że wraz ze spadkiem pojemności akumulatora, spada również jego napięcie, co może odbić się na pracy robota i jej czasie.

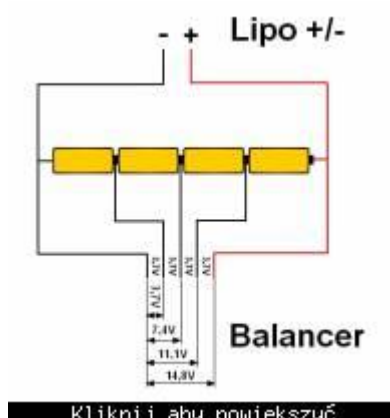
## 5. Balanser

Wspomniałem już przy obliczaniu napięcia pakietu o zjawisku rozbalansowania ogniw. Żeby zobrazować niebezpieczeństwo, jakie niesie ze sobą to zjawisko, użyję przykładu. Mamy pakiet 2S, 7,4V. Możemy rozładować go maksymalnie do 6V. Mierząc napięcie na zaciskach zasilania akumulatora, uzyskujemy wynik 6,5V. W rzeczywistości jednak, jedna celda ma napięcie 3,5V, a druga 3V. My natomiast myślimy, że na każdej celi jest napięcie 3,25V i możemy jeszcze rozładować akumulator. Wtedy napięcie na jednej z celi spadnie nam poniżej 3V i akumulator może się uszkodzić.

Dodatkowo zjawisko to pogłębia fakt, że bardziej rozładowane ogniwo rozładowuje się szybciej od drugiego, różnica więc cały czas się powiększa. Jeśli nie wykryjemy odpowiednio szybko defektu i nie zareagujemy prawidłowo, to możemy się obudzić, gdy rozładujemy jedno ogniwo niemal do 0V, a wtedy akumulator jest już prawdopodobnie do wyrzucenia - taką sytuację opisywał jeden z użytkowników forum.

Jeśli wykryjemy różnicę w naładowaniu akumulatorów, to powinniśmy po pierwsze określić jej wartość. Różnica do 0,05V nie wymaga natychmiastowego działania, należy natomiast cały czas kontrolować, czy się nie powiększy. Jeżeli jest to większa różnica, to musimy zacząć działać. Z pomocą przychodzi nam **balanser**.

Z pakietów wystają nam 2 wtyczki. Jedna z nich ma tylko 2 przewody, czerwony i czarny, i na tej wtyczce otrzymujemy napięcie całego pakietu, czyli wszystkich połączonych szeregowo cel. Druga wtyczka to właśnie wtyczka balansera. Zapewnia ona połączenie z każdą celą pakietu osobno. Dobrze obrazuje to poniższy rysunek:



Co nam to daje? Dzięki temu można zmierzyć napięcia na każdym ogniwie osobno i dzięki temu

kontrolować poziom naładowania cel, aby po naładowaniu akumulatora na każdej było takie samo napięcie. Tym właśnie zajmuje się balanser.

Występują różne rodzaje balanserów. Obecnie zdecydowana większość ładowarek ma wbudowane balansery, a niektóre z nich nie umożliwiają nawet ładowania innym sposobem niż przez balanser. Innym typem są balansery podpinane pod wyjście ładowarki. Nie są one popularne wśród robotyków.



Kliknij aby powiększyć

Balanser podpinany pod wyjście ładowarki.

Niestety, nie wszystkie wtyczki balanserów są znormalizowane. Część firm stosuje we własnych ładowarkach i pakietach własne kształty wtyczek. Należy się więc upewnić, czy wtyczka z pakietu pasuje do gniazdka ładowarki.

## 6. Ładowarki

Jeśli wiemy już co to jest balanser i do czego służy, to czas zapoznać się z rodzajami ładowarek.

Akumulatory li-po są ładowane metodą CC/CV. Polega ona na tym, że najpierw napięcie na akumulatorze wzrasta do maksymalnego poziomu, przy stałym prądzie ładowania. Gdy napięcie osiągnie maksymalną wartość 4,20V na celę, zostaje ustabilizowane na tym poziomie, a prąd ładowania stopniowo spada. Dlatego, jeżeli cела ma już 4,20V, to wcale nie oznacza, że jest naładowana do końca.

Z powyższych powodów akumulatory li-po wymagają wyspecjalizowanych dla nich ładowarek. Nie przerażajmy się, ponieważ obecnie łatwo dostępne są różne rodzaje ładowarek w szerokiej gamie cen, a prawie wszystkie sklepowe ładowarki, które służą do ładowania li-poli nadają się do użycia. Krótko przedstawię kilka rozwiązań.

### 1. Samoróbka

Zdecydowanie najtaniej jest zbudować ładowarkę samemu. Wymaga to jednak doświadczenia w budowie układów elektronicznych, dlatego stanowczo odradzam tą opcję początkującym.

Istnieje duży wybór dedykowanych układów scalonych do ładowarek li-po. Mają one dość często zaawansowane opcje, dzięki czemu za nieduże pieniądze można zbudować całkiem przyzwoitą

ładowarkę. Ponieważ jest to zagadnienie bardziej do działu projektów, dlatego przedstawię tylko jeden projekt, który znalazłem w internecie na stronie [http://www.electronics-diy.com/electronic\\_schematic.php?id=874](http://www.electronics-diy.com/electronic_schematic.php?id=874).



Kliknij aby powiększyć  
Źródło: <http://www.electronics-diy.com>

Jest to prosta ładowarka dla pojedynczych ogniw li-po zbudowana na układzie firmy Microchip MCP73833. Układ ten jest dostępny w sklepie TME w cenie około 3,30 brutto. Dokładna dokumentacja układu znajduje się [tutaj](#).

Ponieważ tak jak wyżej pisałem, odradzam budowę ładowarek początkującym, a bardziej zaawansowani z pewnością będą potrafili samodzielnie znaleźć projekty i informacje dotyczące układów do ładowarek, to nie będziemy się bardziej zagłębiać w ten temat.

## 2. Tania ładowarka z balanserem

Jest to moim zdaniem najciekawsza opcja dla osób, które chcą korzystać z dobrodziejstw akumulatorów li-po, a nie chcą wydawać dużych pieniędzy na ładowarkę. Są to proste ładowarki z balanserem, w cenach 30-50zł. Obsługa takiej ładowarki ogranicza się do podłączenia z jednej strony odpowiedniego zasilacza, a z drugiej strony wtyczki balansera ładowanego pakietu. Ładowarka ładuje wszystkie akumulatory takim samym prądem (zazwyczaj około 800mA), co niestety może wpłynąć niekorzystnie na niektóre z nich.

Ładowarki te mają przeważnie dwa gniazda balansera: dla pakietów 2S i 3S. Są to jednak najczęściej wykorzystywane pakiety w robotyce wystarczają do prawie wszystkich zastosowań. Sam długo korzystałem z takiej ładowarki i muszę przyznać, że do podstawowego ładowania pakietów nadają się one w pełni.

Jako przykład podam dwa modele:

Jako pierwsza ładowarka e-sky.



Kliknij aby powiększyć

Kosztuje 30-40zł. Wymaga jednak podania zewnętrznego zasilania 10-15V co najmniej 1A. Można wykorzystać dołączone do zestawu "krokodyłki" i podłączyć nimi ładowarkę do dużego akumulatora żelowego, zasilacza stabilizowanego czy przerobionego zasilacza komputerowego ATX. Moim zdaniem najlepszym wyjściem jest jednak zakup zasilacza 12V min 1A z pasującym do ładowarki wtykiem, kosztuje on około 15zł, a dzięki temu ładowarka staje się poręczniejsza, bo wystarczy tylko włożyć zasilacz do gniazdka. Stan pracy ładowarka sygnalizuje diodami LED.

Inną ciekawą opcją tego typu ładowarki jest ładowarka Redox One:



Kliknij aby powiększyć

Kosztuje ona niecałe 50zł, ma natomiast jedną przewagę: nie wymaga dodatkowego zasilacza, ponieważ jest zasilana bezpośrednio z sieci 230V. Przewód sieciowy jest dołączony do zestawu. Pozostałe funkcje i działanie jest niemal identyczne jak w przypadku ładowarki E-sky oraz wielu innych podobnych ładowarek.

### 3. Ładowarka mikroprocesorowa

Ostatni typ ładowarek, jaki chce opisać, to ładowarki mikroprocesorowe. Jak nie trudno się domyśleć, całym procesem ładowania steruje mikroprocesor. Ten typ ładowarek posiada dużo więcej funkcji dla ładowania i rozładowywania akumulatorów (i to nie tylko li-po). Możemy wybierać pomiędzy ładowaniem z balanserem, bez balansera, ilością ogniw, możemy dobrać prąd, oraz kilka innych przydatnych funkcji. Ładowarka na bieżąco monitoruje napięcie i liczy czas ładowania. Istnieje możliwość zapisywania kilku kombinacji ustawień.

Niestety, te wszystkie funkcje kosztują. Za ładowarki mikroprocesorowe musimy zapłacić 140-200zł. Jest to jednak urządzenie znacząco ułatwiające pracę, polecam wszystkim, którzy mogą i chcą przeznaczyć więcej pieniędzy w zamian za profesjonalne narzędzie.

Przedstawię teraz 3 modele ładowarek, które powinny zainteresować kogoś, kto szuka urządzeń tego typu:

Pierwszą z nich jest Turnigy Accucell 6:



Sam skusiłem się na tą ładowarkę, którą kupiłem w sklepie [www.hobbyking.com](http://www.hobbyking.com) z pomocą jednego z użytkowników forum. Pozwala ona na ładowanie 1-6 cel li-po, prądem maksymalnie 6A. Posiada wszystkie wyżej wymienione funkcje. Kosztowała mnie 120zł/szt przy zakupie 2szt, na Allegro można upolować za około 130zł.

Ładowarka wymaga osobnego zasilacza, o napięciu 11-17V i natężeniu do 5A. Odpowiednie zasilacze można nabyć cenach około 50zł, co w porównaniu do ceny ładowarki nie jest niską kwotą. **Bez obaw!** Możemy używać ładowarek o napięciu 12V i dużo mniejszym natężeniu (1,5A), jeśli tylko ładujemy akumulatory odpowiednio niższym napięciem i natężeniem. Mnie do akumulatorów 7,4V 800mAh spokojnie wystarczał wspomniany zasilacz 12V 1,5A. Jeśli zasilacz ma zbyt małą wydajność prądową, ładowarka poinformuje nas o tym i nie rozpocznie ładowania.

Jeśli jednak potrzebujemy potężnego zasilacza do większych akumulatorów, to również można sobie poradzić w inne sposoby. Do zestawu dołączone są krokodylki, więc możemy podłączyć ładowarkę do dużego akumulatora żelowego bądź do zasilacza o dużych prądach. Jeśli nie mamy takowych zasilaczy, albo nie chcemy nosić ze sobą ciężkich akumulatorów samochodowych, możemy przerobić zasilacz komputerowy ATX. **Najlepszym rozwiązaniem** jest jednak zakup zasilacza do laptopów i przerobienie wtyku, dzięki czemu uzyskamy niewielki zasilacz o dobrych parametrach.

Drugą niemalże identyczną ładowarką jest Redox Beta:



Również posiada wyżej wymienione funkcje. Można nią ładować również do 6 ogniw, prądem do maksymalnie 5A. Jest łatwiej dostępna w polskich sklepach internetowych. Za 150-160zł (bez wysyłki) można kupić wersję z zasilaczem, dzięki czemu odpadają nam wszystkie zmartwienia o źródło zasilania ładowarki. Sprzedawane se w niektórych sklepach także bez zasilacza, są wtedy tańsze.

Trzecia opcja to ładowarka, HobbyKing ECO6:



Patrząc na tą ładowarkę powinna się ona wydawać podobna do Turnigy Accucell 6. Całkiem słusznie, ponieważ jest to jej podróbka, jednakże posiada prawie wszystkie jej funkcje, plastikową obudowę zamiast metalowej, jest za to odpowiednio tańsza. Niektórzy użytkownicy narzekają jednak na jakość części użytych do jej budowy, głównie na niektóre części elektroniczne i przyciski. Można ją kupić w sklepie <http://www.hobbyking.com> za 18\$ + wysyłka.

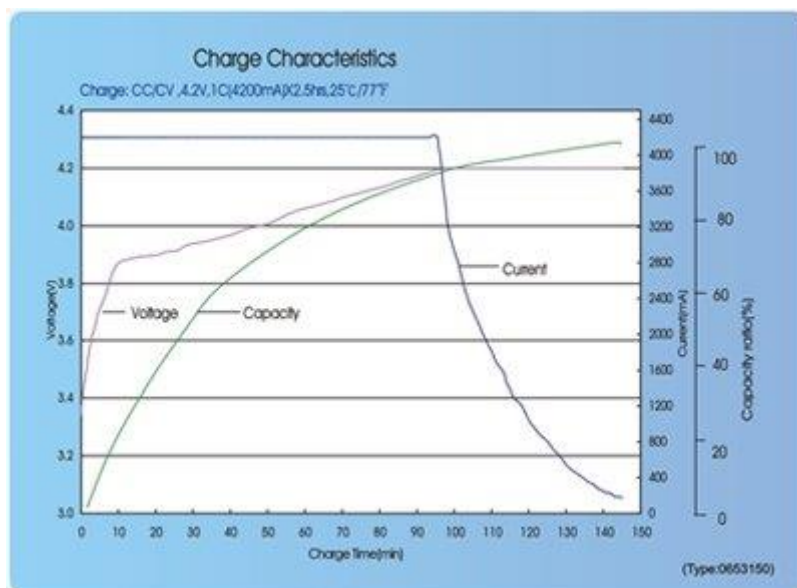
Nie są to dwa jedyne bardzo podobne modele ładowarek. Wiele z nich ma niemalże tą samą budowę, ten sam program, różnią się kilkoma drobiazgami, kolorami, firmą, i ceną. Na dowód ładowarka Redox Alpha:



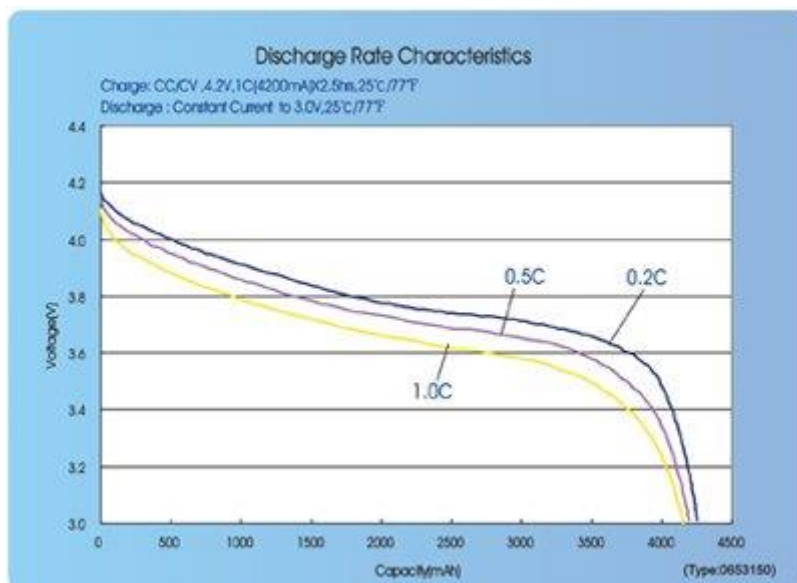
## 7. Charakterystyki pakietów li-po

Poniższych wartości i wykresów nie należy przyjmować jako "sztywnych". Wykresy mają na celu zobrazowanie pewnych zjawisk typowych dla akumulatorów li-po, wartości są zależne od wielu czynników. Wszystkie wykresy pochodzą ze strony <http://www.yokenergy.com>.

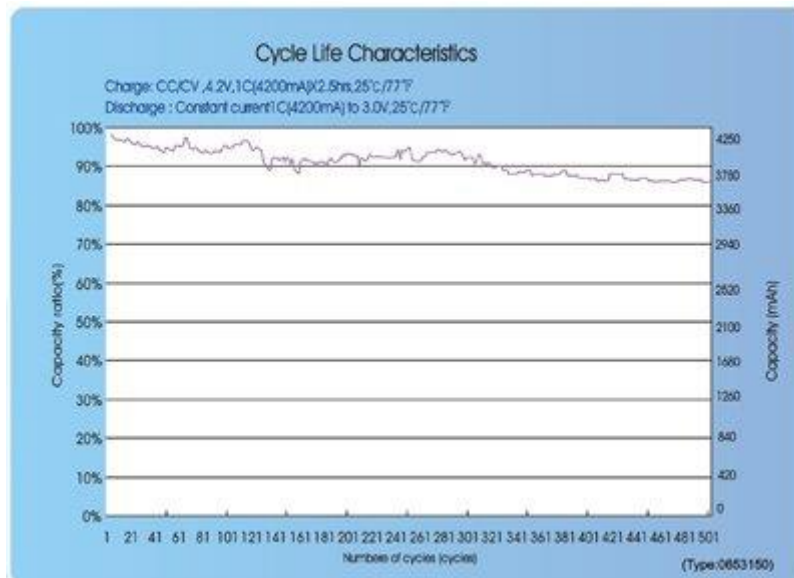
Poniższy wykres ilustruje proces ładowania akumulatorów metodą CC/CV. Widać dokładnie, jak w początkowym okresie ładowania prąd jest stały, a napięcie rośnie. W momencie, gdy napięcie osiąga wartość 4,2V, stabilizuje się na tym poziomie, a prąd zmniejsza się niemal do zera. Przez cały ten okres pojemność wzrasta, dlatego właśnie napięcie 4,2V na ogniwie nie oznacza, że akumulator jest w pełni naładowany.



Nie będzie to pewnie dla nikogo zaskoczeniem, że ogniwa li-po nie rozładowują się liniowo. Wspomniałem już, że w okolicach napięcia znamionowego ogniwa "pracuje" ono najdłużej - po osiągnięciu około 3,4V rozładowanie trwa już bardzo szybko. Szybkość rozładowania jest również zależna od prądu pobieranego z akumulatora - im ten prąd jest większy, tym szybciej rozładowuje się akumulator.



Po pewnym czasie pracy akumulator zaczyna tracić swoją pojemność. Do pierwszych stu cykli ładowania pojemność rzeczywista jest równa 100-95% pojemności akumulatora. Po około 300 cyklach będzie wynosić już ona około 90%, po następnych 200-300 cyklach spadnie do około 85%.



## Przechowywanie ogniw

Nie wiedziałem zbyttnio, gdzie umieścić ten punkt, ale jest on na pewno powiązany z charakterystyką li-poli.

Co zrobić z pakietem, jeżeli nie mamy zamiaru używać go przez następnych kilka tygodni albo nawet miesięcy? Okazuje się, że poziom jego naładowania jest w tym przypadku bardzo istotny. Przechowywanie akumulatorów w pełni naładowanych lub w pełni rozładowanych przez dłuższy czas może doprowadzić do spadku jego sprawności, a nawet do puchnięcia. **Akumulatory li-po należy przechowywać naładowane w około 40%** (~3,6V na ogniwo) - wydłuży to ich żywotność. Taki sam zabieg stosują producenci akumulatorów, nowy akumulator, który kupimy, także będzie naładowany w około 40%.

Mikroprocesorowe ładowarki mają przeważnie specjalne programy, które przygotowują akumulator do przechowywania.

## Efekt pamięci

Na czym polega efekt pamięci? Dotyczy on głównie akumulatorów Ni-Cd, w mniejszym stopniu Ni-MH. Jeśli będziemy cyklicznie ładować akumulator w momencie jego niecałkowitego rozładowania, lub nie do momentu jego maksymalnego naładowania, to po czasie pojemność akumulatora będzie się zawężać do tych wartości. Prościej: niewskazane jest dla tych akumulatorów ich doładowywanie, powinny być najpierw rozładowane kompletnie, potem ładowane do pełna, w przeciwnym razie spada ich pojemność.

**Akumulatory li-po nie mają efektu pamięci.** Możemy je doładowywać praktycznie w dowolnym momencie, bez obaw, że źle wpłynie to na pojemność akumulatora. Tak samo możemy używać akumulatora nie naładowanego do pełna. Jest to ogromna zaleta w robotyce, szczególnie na zawodach, gdy nie zawsze jest czas na pełny cykl ładowania akumulatorów.

## 8. Bezpieczeństwo użytkowania

Akumulator li-po daje nam ogromne korzyści, jednak w mgnieniu oka z naszego przyjaciela może zmienić się we wroga, okazując swoją niszczycielską siłę. Li-pole są jak kobiety - żeby wszystko było w porządku, trzeba o nie dbać, natomiast gdy popełni się jeden błąd, pokazują drugą stronę swojego charakteru 😊. Pomimo że potrafią wybaczać błędy, nie liczymy na to, bo możemy się przejechać. (przepraszam za seksistowskie porównania 😊).

Co szkodzi li-polom? Najczęściej my sami, poprzez złe użytkowanie. Podstawowym błędem jest rozładowanie ogniwa poniżej 3V i zdarza się to nawet doświadczonym robotykom. Naładowania powyżej 4,2V zdarzają się rzadko, ponieważ koniec procesu ładowania jest kontrolowany przez ładowarkę, jedynym powodem "przeładowania" może być jej uszkodzenie bądź korzystanie z "niepewnych" ładowarek-samoróbek. Żle wpływa na akumulatory przekraczanie prądów ładowania i rozładowywania - skracają wtedy swoją żywotność. Najbardziej musimy się jednak strzec zwarć wyprowadzeń i uszkodzeń mechanicznych. Mogą one spowodować zapalenie się akumulatora, a wtedy najmniejszym problemem może się okazać jego dokumentne zniszczenie. Zniszczeniu może ulec dość znaczne otoczenie akumulatora, którym najczęściej jest robot.

Tak wygląda płonący akumulator, poddany testom (zły sposób ładowania):

Rozładowanie ogniwa poniżej 3V nie stanowi dla nas zbyt wielkiego zagrożenia, o ile nie będziemy dalej eksploatować akumulatora. Najczęściej da się taki akumulator naprawić ładując go bardzo małym prądem, jednak straci on na swojej sprawności.

Przy nadmiernym ładowaniu i rozładowywaniu będziemy jedynie skracać żywotność akumulatora, najczęściej do momentu kiedy nas "olśni" żeby policzyć prądy i porównać je z maksymalnymi. Jeżeli jednak bardzo mocno przekroczymy prądy ładowania, również może dojść do zapłonu. Zdarza się to bardzo rzadko, ponieważ prąd ładowania jest często ustawiany przez ładowarkę, dlatego bardzo duże przekroczenie prądu może być spowodowane przypadkowym błędnym ustawieniem prądu ładowania (np. 3A zamiast maksymalnego 800mA) lub uszkodzeniem ładowarki. Nadmierny prąd rozładowania może zaszkodzić głównie akumulatorom pracującym w robotach pobierających bardzo duże prądy, jeśli źle dobraliśmy akumulator, jednakże li-pole mają duże wydajności prądowe i małe nadwyżki w konsumpcji energii nie doprowadza do zapłonu.

Na skutek nadmiernych prądów zdarza się często zjawisko "puchnięcia" akumulatora.

Zwarcia są o wiele groźniejsze, ponieważ następuje wtedy szybkie rozładowywanie i nagrzewanie się akumulatora, co często doprowadza do zapłonów. W przypadku chwilowej "iskierki" przy zetknięciu się styków akumulator się nie zapali, doradzam jednak po każdym nawet najkrótszym zwarcu zmierzyć napięcie na akumulatorze, ponieważ następuje podczas niego bardzo szybki przepływ ładunków i po zwarcu napięcie może zauważalnie spaść.

Gorzej ma się sprawa, gdy mamy do czynienia z błędem na płytce lub odwrotnym podłączeniem akumulatora. W przypadku błędów na płytce najszybciej na zwarcie powinna zareagować ścieżka obwodu drukowanego, która zostanie przepalona. Jeśli jednak połączenia są wykonane grubszymi przewodami lub ścieżkami to może się zdarzyć, że nic nie przerwie zwarcia, które

przez dłuższy czas trwania doprowadzi do uszkodzenia akumulatora. Podłączając odwrotnie akumulator najczęściej uszkodzimy znaczną część elementów elektronicznych na płycie, przez co może dojść do zwarcia trwającego dłuższy czas (dopóki nie zorientujemy się, że podłączyliśmy odwrotnie). Zwarcie trwające długo doprowadzi do zapłonu, a jeśli nawet będziemy mieli szczęście, to akumulator zostanie rozładowany praktycznie do zera.

Najgorszym z możliwych jest uszkodzenie mechaniczne skutkujące pęknięciem/przebicciem akumulatora. Zaczyna on wtedy wytwarzać pokaźne ilości dymu oraz zapala się - nie ma szans na uratowanie przebitego akumulatora. Żeby zobrazować, co może się stać, proponuję przyjrzeć się poniższemu zdjęciu i filmikowi robota minisumo jednego z użytkowników forum, który został bardzo pechowo dźgnięty kolcem drugiego robota podczas walki:



Na szczęście dobre odizolowanie akumulatora od reszty podzespołów robota uratowało go znacznie.

#### **Jak zapobiec uszkodzeniom?**

- nie ładować i rozładowywać akumulatora "na wyczucie",
- w przypadku jakichkolwiek przypuszczeń czy złych objawów natychmiast zaprzestać korzystania z akumulatora i sprawdzić napięcie na jego ogniwach,
- kontrolować napięcia na ogniwach podczas użytkowania akumulatora (nie co chwilę, bo to nie realne, ale kontrole od czasu do czasu nie zaszkodzą i mogą pomóc wcześniej wykryć nieprawidłowości)
- stosować w układach zabezpieczenia w postaci bezpieczników na zasilaniu (o ile to możliwe),
- podczas projektowania robota uwzględnić jego umiejscowienie tak, aby był on jak najlepiej osłonięty od działania sił zewnętrznych, jak najlepiej odizolowany od elektroniki, napędu i łatwo topliwych części. Jeśli nie da się tak umiejscowić akumulatora, należy to zrobić w takim miejscu i w taki sposób, żeby dało się go wypiąć w jak najkrótszym czasie,
- można stosować specjalne folie zabezpieczające dla akumulatorów,
- mocować akumulatory w taki sposób, aby się nie przesunęły podczas pracy robota,
- stosować gniazda uniemożliwiające odwrotne podłączenie zasilania,
- w przypadku dłuższego nie korzystania z akumulatora, przechowywać go naładowanym do 40% (patrz: "Charakterystyka ogniw", pkt 7).

## **9. Gdzie kupić? Kosztu akumulatorów li-po**

Akumulatory li-po nie są niestety tanim źródłem zasilania. Możemy jednak obniżyć trochę ich

koszty, kupując w najtańszych sklepach. Przedstawienie poniższych propozycji nie ma na celu reklamowania serwisów, a informację o orientacyjnych cenach, tak aby nikt nie przepłacił.

Największy wybór tanich akumulatorów i ładowarek znajdziemy w sklepie <http://www.hobbyking.com>. Jak nietrudno zauważyć, jest to strona zagraniczna - paczki wysyłane są z Hong Kongu. Stwarza to pewne problemy - cena jest zależna od aktualnego kursu dolara. Dodatkowo trzeba znać pewne prawa panujące przy zakupie zza granicy, jak np. odpowiedni wybór wysyłki, aby nie naliczono cła. Na forum jest kilka osób które często korzystają z tego sklepu, czasem organizowane są zbiorowe zamówienia w celu obniżenia kosztów wysyłki - da się uzyskać konieczne porady i pomoc.

Przykładowa cena: za pakiet Turnigy 2S 1000mAh 30C zapłacimy 5,82\$ (cena około 20zł, bez wysyłki). Przy większych zamówieniach warto śledzić aktualne kursy dolara, aby niepotrzebnie nie przepłacić.





Jeżeli nie mamy możliwości albo boimy się kupować w sklepie za granicą, pozostają nam rodzime rozwiązania. W rozsądnej cenie kupimy w sklepach [Botland](#) i [ElectroPark](#). Za akumulatory o podobnych parametrach zapłacimy około 35-40zł.



Za akumulatory 2S około 1000mAh i 20C nie powinniśmy zapłacić drożej niż 40zł. W przypadku innych warto porównać oferty w kilku sklepach i wybrać najtańszą. Cena jest również zależna od firmy.

Wbrew pozorom Allegro nie jest najlepszym źródłem pozyskiwania li-poli. Pomimo, iż czasami pojawiają się okazjonalne aukcje nowych akumulatorów, to większość sprzedawców wystawia je po mocno zawyżonych cenach. Dla przykładu ten sam li-pol Turnigy, który w sklepie HobbyKing kosztuje około 20zł, na Allegro pojawia się nawet po 60zł. Kupując warto przejrzeć Allegro, należy natomiast bardzo ostrożnie podchodzić do propozycji cenowych sprzedawców.

## 10. Podsumowanie

Akumulatory li-po mają swoje zalety jak i wady, natomiast te pierwsze znacząco przeważają na ich korzyść. Podsumujmy krótko wady i zalety akumulatorów li-po:

-  duża wydajność prądowa
-  brak efektu pamięci
-  stosunek pojemności do gabarytów
-  duży wybór

-  cena
-  podatność na uszkodzenia

Artykuł kierowany jest głównie dla początkujących robotyków. Ponieważ może zawierać błędy, bardzo bym prosił o wytykanie wszelkich nieprawidłowości oraz dzielenie się swoją wiedzą. Jeśli takie informacje się pojawiają, to myślę że wspólnymi siłami doprowadzimy go do jak najlepszej postaci, żeby dobrze i długo służył całej społeczności forum (i nie tylko).

IMG\_4eff4cefaefe790.jpg



Plik ściągnięto 29874 raz(y) 6,19 KB