

PRZEWODNIK UŻYTKOWANIA BATERII LITOWO-POLIMEROWYCH (LIPO)

Tak - elektro mobilność coraz głębiej wchodzi w nasze życie zarówno hobbystyczne jak i codziennych, niedzielnych użytkowników modeli RC. Dlatego też postanowiliśmy napisać ogólny przewodnik dotyczący akumulatorów Litowo-polimerowych w skrócie Li-po. W szczególności, że ilość użytkowników tych baterii rośnie z roku na rok.

Ideą napisania przewodnika jest troska o bezpieczeństwo użytkowników baterii oraz otoczenia. Li-po jest przyjazna użytkownikowi, ale pod warunkiem posiadania wiedzy o jej właściwościach i bezpiecznej eksploatacji. Rozładowanie, ładowanie, przechowywanie. Poradnik jest dynamiczny, ponieważ zmienia się wydajność energetyczna ogniw, a to wpływa na eksploatację i bezpieczeństwo.

Zostały tu zebrane najlepsze praktyki związane z eksploatacją akumulatorów Li-po poparte wiedzą techniczną. Czyli dokonaliśmy zderzenia doświadczenia z fizyką i chemią teoretyczną.

Akumulatory Li-po zyskują coraz większe zastosowanie w branży RC, ale i nie tylko. Np. napędzają profesjonalne bezałogowe statki powietrzne, zabawki, urządzenia medyczne itp. Ich zastosowanie wzrasta. Dlatego tak ważna jest ich prawidłowa eksploatacja.

***Oznakowanie baterii -pakietu**

Oznaczenie opisuje nam najważniejsze parametry akumulatora, potrzebne do zaklasyfikowania do naszych potrzeb oraz do porównania z innymi.

Mamy trzy parametry. (wybór wielkości danych jest całkowicie przypadkowy).

*Napięcie, inaczej ilość ogniw np. 11.1V /3s,

*Prąd rozładowania np. 60C

*Pojemność 5300 mAh.

Te trzy parametry identyfikują nam pakiet. Oczywiście dodatkowo dochodzi jeszcze masa i wymiary. Ale to już jest związane z dopasowaniem do modelu w którym chcemy zastosować baterię. Ponadto możemy mieć różne opakowania: soft-czyli miękkie opakowanie w folii oraz „hardcase” -twarde opakowanie plastikowe. Jest to związane z przeznaczeniem modelu -latające, jeżdżące. Ale o tym później.

***Napięcie -Ilość ogniw**

Ogniwo Li-po ma napięcie nominalne 3.7 V. Pakiety oznaczane są zawsze napięciowo zgodnie z napięciem nominalnym i jest to wielokrotność ilości ogniw połączonych szeregowo. W przypadku powyższego akumulatora 11.1V na nalepce oznacza, że są tam 3 ogniwa. $3 \times 3.7 = 11.1$ V. Spotykamy się również z oznaczeniem na pakietach 2, 3, 4 ...S. S oznacza ilość ogniw połączonych równolegle. Pakiet 2s oznacza napięcie 7.4 V, pakiet 3s oznacza napięcie 11.1 V, 4 S oznacza 14.8 V itd. Występuje również oznaczenie „p” co mówi o ilości ogniw połączonych równolegle. Dla pakietów hobbystycznych rzadko spotykane.

Czyli dla naszego przykładowego pakietu oznaczenie 5300mAh 3s1p oznacza - mamy 3 ogniwa w pakiecie. Jeżeli oznaczenie było by 3s2p oznaczałoby, że mamy 6 ogniw każde 2650 mAh-3.7V. Literka „P” pojawia się tylko wtedy gdy mamy do czynienia z połączeniem równoległym w pakiecie. Napięcie nominalne 3.7V co to oznacza? Jest to wartość umowna. Minimalne napięcie ogniwa to 3V, maksymalne -4.2V. Ich przekraczanie jest zabronione. Realny zakres pracy to 3.5V-4.2V. Napięcie na ogniwie jest ściśle związane z obrotami silnika, mówimy o silnikach bez szczotkowych. Np. oznaczenie na silniku KV1000 (KV ma każdy silnik + cyfra) oznacza 1000 obrotów na Volt na minutę. Taki silnik zasilany jednym ogniwem naładowanym maksymalnie będzie się obracał z prędkością maksymalną 4200 obrotów na minutę, a minimalną 3 500 obrotów na minutę. Spadek napięcia na ogniwie poniżej 3.5V praktycznie regulator odcina zasilanie od odbiornika. W tym przypadku silnika. Praktycznie im większe napięcie tym szybciej lecis lub jedziesz. I tu jest ta różnica między napędem spalinowym a elektrycznym. W spalinowym napędzie silnik może pracować na maksymalnych obrotach do ostatnich kropli paliwa. Opisywanymi akumulatorami zasilac możemy każdy silnik elektryczny, jednakże współcześnie największą popularność zyskują silniki bez szczotkowe. Krótka definicja silnika:

Silnik bez szczotkowy, znany również jako bez szczotkowy silnik prądu stałego (BLDC - Brushless Direct Current) lub silnik synchroniczny bez szczotkowy, to rodzaj elektrycznego silnika prądu stałego, który nie posiada tradycyjnych szczotkowych układów komutacyjnych. W silnikach bez szczotkowych, komutacja (zmiana przepływu prądu w uzwojeniach) odbywa się elektronicznie, a nie mechanicznie za pomocą szczotek, jak w przypadku konwencjonalnych silników prądu stałego. Same zalety. Dlatego też w naszych modelach praktycznie tylko tego typu silniki są używane.

***Pojemność**

Pojemność jest parametrem mówiącym o ilości zmagazynowanej energii w ogniwie/pakiecie. Dobrym przykładem jest silnik spalinowy i zbiornik na paliwo. Im większy zbiornik tym silnik będzie dłużej pracował. Im większy pakiet tym więcej energii i pozwoli to na dłuższą pracę. Jest to tylko analogia. Jednostką pojemności jest mAh – miliamperogodzina. W naszym przykładzie będzie to wielkość 5300mAh inaczej 5.3Ah. W praktyce RC używamy napięcia do określenia stopnia naładowania, czy też rozładowania akumulatora. Dlaczego? Ponieważ napięcie łatwo zmierzyć. Pojemność trudno. Dlatego też mierząc napięcie aproksymujemy jaką mamy zmagazynowaną energię w pakiecie. Ta aproksymacja dotyczy pakietu dobrze oznakowanego i niezucytego. Przykładamy miernik do naszego pakietu widzimy napięcie 3.8 V na ogniwo co oznacza, że z 5300mAh zostało nam jakichś 2 000mAh. Jest to tylko dana porównawcza. Aby znać szczegóły trzeba by każdy pakiet co jakiś czas rozładować naładować i sprawdzić ile prądu wtłoczyliśmy przez ładowanie do pakietu oraz kontrolować napięcie. I wówczas mamy pełny obraz naszego źródła energii. Jednakże przypomnę nie wolno rozładowywać pakietu poniżej 3V na ogniwo gdyż grozi to nawet pożarem. Warto dodać, że pakiety mogą być o różnych pojemnościach co odpowiada za czas pracy. Np. dla naszych produktów Traxxas jest to pojemność rekomendowana około 5 000mAh. Do takiego modelu możemy włożyć pakiet dowolnego producenta nawet i 10 000mAh Taka pojemność powoduje że modelem można dłużej jeździć jednakże może to wpływać na podniesienie temperatury silnika, napędów a co za tym idzie uszkodzić silnik i przekładnię mechanicznie, co nie leży w zakresie naprawy gwarancyjnej. Wiec zalecam aby zwracać uwagę **jakie pojemności są** rekomendowane przez producenta dla **poszczególnych modeli**. Zwiększenie pojemności 10-30% nie uszkodzi silnika, ale już 50-100% może to spowodować. Rekomendowane pojemności nie są kaprysem producenta tylko parametrem wynikającym z obliczeń konstrukcyjnych.

***Rozładowanie wskaźnik C na pakiecie – co oznacza?**

Napięcie i pojemność w sposób w miarę prosty daje się zobrazować. Zupełnie inaczej ma się to ze wskaźnikiem C. Nazywa się go jako wydajność prądowa. I jak można przeczytać w sieci jest to najbardziej niezrozumiały aspekt akumulatorów Li-po. C jest miarą jak szybko można bezpiecznie rozładować akumulator bez szkody dla niego. Sam wskaźnik C jeszcze niczego nie znaczy. Potrzebna jest znajomość pojemności akumulatora aby można było ustalić jaki jest bezpieczny ciągły pobór prądu z danego pakietu. Najczęstsze liczby to 20, 25, 45 itd. Inaczej jest to czynnik iloczynu pojemności w A i właśnie tego mnożnika. I tu również posłużę się przykładem. Pakiet który omawiamy to 5300mAh 3s 60C. Wskaźnik 60C liczymy 60 razy pojemności w amperach. Czyli $60 \times 5.3 = 318$ A. To oznacza, że takim obciążeniem prądowym możemy obciążyć trwale akumulator aby go nie zniszczyć. Poddając pakiet wyższym obciążeniom możemy doprowadzić do uszkodzenia ogniw, a nawet niebezpiecznego zapłonu. Dobre akumulatory mają dwa wskaźniki. Jeden to ciągły o którym pisałem wyżej, drugi to chwilowy który przeznaczony jest na parosekundowe działanie. Dzieje się to przy przyspieszaniu lub chwilowych przeciążeniach. Szczególnie występuje to przy agresywnej jeździe w terenie, czy też skacząc modelami w parkach skoków. To samo dotyczy samolotów. Przy gwałtownym dodawaniu gazu w locie pionowym. W dużych przeciążeniach. Tak jak wybór napięcia i pojemności akumulatorów jest w miarę prosty, tak które C wybrać to już dużo trudniej zarekomendować. Najczęściej producenci modeli i proponują C. I tak Traxxas do większości swoich modeli rekomenduje pakiety (Traxxas) o C 20 lub 25. Można powiedzieć, ale mało. Ale To co robi Traxxas jest bardzo logiczne i zgodne z fizyką. Tak więc posłużę się przykładem. Bardzo popularny Slash wyposażony jest w silnik Valineon o ciągłym poborze prądu 65 A, a chwilowym 100 A. Możemy powiedzieć pakiet Traxxa 5000mAh 20 C wystarcza. Pakiet ten daje nam ciągły pobór 100 A który pobiera silnik, a chwilowy do 150A. Więc jeżeli użyjemy 25C to dla tego silnika zapas jest kosmiczny. Tak możemy użyć do tego silnika pakietu 40C, 60 C.

Dostaniemy więcej prądu, lub też będziemy mieli większy zapas. Ale istnieje niebezpieczeństwo że popsujemy silnik. Przegrzemy go. I dokonamy nieodwracalnych szkód. Kosztownych, bo producent nie daje na takie usterki gwarancji. Jest to ponadnormatywne eksploatowanie modelu. Modele Traxxasa mechaniczne przystosowane są do jazdy ekstremalnej, ale to już na odpowiedzialność użytkownika. Opisałem przykład Silnika z Slasha. Inne modele mają inne silniki. Jednakże Traxxas rekomenduje 25 C co zagwarantuje długą i przyjazną zabawę modelem. W rzeczywistości wielu użytkowników usiłuje pędzić jak najszybciej i szybciej. Kupują 60, 80, 100 C. No i potem różnie bywa różnie bywa.

Posłużę się przykładem to tak jakbyśmy do baku samochodu z benzynowym silnikiem spalinowym wlewali nitrometan i dziwili się że nam się silnik rozleciał.

Pamiętajcie wszędzie konieczny jest rozsądek i odrobina wiedzy. Używacie większych, mocniejszych pakietów - sprawdzajcie stan silnika i regulatora, przewodów, złączek. Jeździecie ekstremalnie sprawdzajcie stan mechaniki. Lepiej wymienić wcześniej jedno łożysko niż później cały napęd.

Wielu hobbystów, użytkowników modeli RC, co więcej sprzedawców w sklepach wierzy, że wyższa ocena C poprawi osiągi modelu. Z naszej informacji na temat ocen C wiemy, że przy wyborze odpowiedniej oceny C dla akumulatora należy wziąć pod uwagę pobór mocy przez silnik, ale czy więcej równa się lepiej? Wiele osób mówi, że tak. Ale nie ma nic nierozdzielnie związanego z oceną C, która uzasadniałaby ich twierdzenia. Nie ma twardych dowodów, że wyższa ocena C sprawia, że samochód lub samolot są szybsze. Istnieje jednak korelacja między oceną C baterii a rezystancją wewnętrzną baterii. Ogólnie rzecz biorąc, akumulatory o wyższej wartości C mają również niską rezystancję wewnętrzną i dłużej ją utrzymują. Nie zawsze tak jest, ponieważ występują różnice w produkcji, ale ogólny pomysł wydaje się być prawdziwy, a niższy IR sprawi, że samochód lub samolot dłużej będzie szybko latał lub jeździł. To naprawdę opór wewnętrzny sprawia, że bateria jest szybsza, a nie ocena C.

***Opór wewnętrzny – ukryty parametr**

Jest to kolejny bardzo ważny parametr ogniwa. Wręcz uważam że kluczowy. Na bateriach nie ma indexu oporności jako danej technicznej. A dlaczego to o tym później.

To że niema, nie oznacza że parametr ten nie jest ważny. Zmiana oporność jest funkcją czasu eksploatacji- zużycia baterii, a także i temperatury. Jednakże to bardzo ważny parametr ogniwa. Obrazując najprościej jest to miara trudności z jaką akumulator dostarcza do silnika energię. Im wyższa oporność tym trudniej tę energię dostarczyć. Energia której nie można dostarczyć zamienia się w ciepło. Tak więc rezystancja wewnętrzna mierzona w mΩ (mili Ohmach) jest miarą wydajności baterii. Jak zmierzyć oporność wewnętrzną? Mamy dwie możliwości. Bardzo drogie urządzenie zewnętrzne lub ładowarkę do lipo mającą tę funkcjonalność. Takie ładowarki są droższe, ale polecam je bo rozwiązują nam wiele problemów. Najlepiej aby ładowarka mierzyła oporność każdego ogniwa oddzielnie, bo wówczas widzimy zużycie poszczególnych ogniw. Ale nawet obraz całego pakietu jest dla nas bardzo przydatny. Ponownie posłużę się przykładem. Pakiet to LIPO 3s . Pomiar 1-ego ogniwa to 3mΩ, 2-giego 5mΩ, 3-ciego 4mΩ. Ponieważ ogniwa połączone są szeregowo, to zgodnie prawem Ohma oporności się sumują. Czyli pakiet ma oporność 12mΩ. Teraz teoria. W czasie eksploatacji ogniwa na elektrodach wytwarza się tlenek litu. Oporność rośnie tak jak gromadzi się na elektrodzie tlenek. Prawo Ohma zobrazowane równaniem w fizyce mówi Ampery(natężenie prądu)=Wolt(napięcie)/Rezystancję (oporność). Jednostki to Amper (A), Wolt (V) . Ohm (Ω). Dla obciążenia pakietu 1 Amperem mamy $1.0 \text{ A} \times 0.012 \Omega = 0.012 \text{ V}$. Dla Pakietu 3 S ten spadek napięcia jest pomijalny. Ale gdy pakiet 3s zostanie obciążony prądem 100A tak jak w obciążeniu chwilowym potrafi pobrać silnik Velineon to strata napięcia jest już znacząca $100 \text{ A} \times 0.012 = 1.2 \text{ V}$. Praktycznie Silnik Velineon ma KV = 2200 co daje nam dla świeżo naładowanego pakietu o nieznaczących spadkach napięcia obroty silnika 27 720 obr/min. Dla naszego doświadczalnego pakietu z pomierzonymi opornościami obroty silnika będą $(12.6-1,2) = - 25 080$ obrotów /min. I to już jest znacząca cyfra. Nasz samochód będzie

wolniej przyspieszał, wolniej jeździł w porównaniu z innym takim samym modelem mającym pakiet o mniejszej wydajności. Korzystając z wiedzy internetowej i własnych badaniach można założyć, że Pakiet należy wycofać z eksploatacji gdy oporność wewnętrzna ogniw jest na poziomie 14-22mΩ, 7-13mΩ jest akceptowalne, a poziom do 7mΩ mówi że stan ogniw jest bardzo dobry. Wniosek jeżeli mamy spuchnięty pakiet i oporność własną w zakresie poniżej 7mΩ – oznacza to, że ładowaliśmy bez balansera, albo pakiet ma wadę fabryczną. Jeżeli mamy spuchnięty powyżej 13mΩ to znaczy że jest wyeksploatowany. I spuchł z eksploatacji.

Reasumując, jeżeli mamy ładowarkę mierząca oporność możemy bardzo szybko oszacować stopień zużycia pakietu. To jest ważne jeżeli nie chcemy „nosić pustych „ gramów i w procesie gwarancyjnym.

Dlaczego nie ma na opakowaniach oporności ? Bo po pierwsze na etapie produkcji otrzymujemy takie same ogniwa, ale nie są identyczne.

***Ładowanie**

Najważniejszy proces w łańcuch eksploatacyjnym akumulatorów, ale paradoksalnie poświęcimy mu najmniej uwagi. Jest bardzo szeroko opisywany w mediach i poziom wiedzy użytkowników jest na stosunkowo wysokim poziomie. Zaczę od produktów Traxxas bo są najmniej problematyczne i ustawione pod „ogólnego” konsumenta, który chce kupić i się bawić RC nie czytając do tego tony instrukcji, zasad itd. Konsument kupuje pakiet Traxxas, kupuje ładowarkę Traxxas, i wszystko ładowarka robi za niego. Podłącza się jedna wtyczkę zawierającą w środku przewody do balansowania do gniazda ładowarki. Wciska przycisk i proces startuje. Ważnym jest aby nie używając pakietów wprowadzić je w stan „STORAGE” . Ładowarka wyposażona jest w tę funkcjonalność. Mamy trzy przyciski. W przypadku innych pakietów i ładowarek , sprawy już nie są tak proste i oczywiste.

Traxxas dostarcza kompleksowe rozwiązanie znane jeszcze z elektroniki komputerowej PnP, podłącz i graj. To dotyczy całej oferty produktowej.

Większość akumulatorów LiPo należy ładować raczej wolno. Tak jak ocena C baterii określa, jakie jest bezpieczne ciągłe rozładowanie baterii, istnieje również ocena C dla ładowania. Dla zdecydowanej większości LiPo, szybkość ładowania wynosi 1C. Równanie działa w taki sam sposób, jak poprzednia ocena rozładowania, gdzie 1000mAh = 1A. Tak więc w przypadku akumulatora 2000mAh chcielibyśmy ładować 2 A, w przypadku LiPo 5000mAh powinniśmy ustawić ładowarkę na 5A, a dla pakietu 5300mAh 5.3A to prawidłowa szybkość ładowania. Najbezpieczniejsza szybkość ładowania dla większości akumulatorów LiPo to 1C lub 1 x pojemność akumulatora w amperach. Dziś bardzo często akumulatory można już ładować wyższymi prądami, a producenci podają w danych technicznych ten parametr. Jeżeli nie jest podany to zaleca się 1C. Należy o tym pamiętać bo można zniszczyć akumulator. Pomimo że będzie on balansowany. Ponieważ istnieje niebezpieczeństwo pożaru w trakcie procesu ładowania należy zawsze mieć akumulator pod kontrolą. Pożar wynika z reakcji chemicznej i trwa on tak długo jak trwa reakcja. Nie jest łatwo go ugasić. Przydatna jest gaśnica CO₂ która usunie tlen i schłodzi baterie. Rekomenduje się ładować baterie na specjalnych matkach w włókna szklanego lub w lipo torebkach. Torebka nie zapobiegnie pożarowi. ale ograniczy wypływ wolnego ognia i ograniczy tlen. Matka chroni podłoże. Nieco ograniczy szkody. Szczególnie przydatna jest jak ładowane są baterie na lotniskach z silników samochodów osobowych.