

# Akumulatory dla elektroniki

Prowadzenie na rynku akumulatorów przejęły ogniwa litowe. Oferują największą gęstość energii spośród dostępnych rozwiązań, są wolne od efektu pamięciowego, a samorozładowanie jest naprawdę niewielkie. Jednak z ofert dystrybutorów nie zniknęły pozostałe rodzaje akumulatorów. Warto znać właściwości wszystkich typów, ponieważ szerokie spektrum zastosowań akumulatorów sprawia, że nie ma rozwiązania uniwersalnego.

Czy wiesz, kto i za co w roku 2019 otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii?

Jak pokazuje zrzut z oficjalnej strony <http://bit.ly/2UoCq3K>, otrzymali ją **John B. Goodenough**, **M. Stanley Whittingham** i **Akira Yoshino** za... wynalezienie i rozwój akumulatorów litowych (*for the development of lithium-ion batteries*).

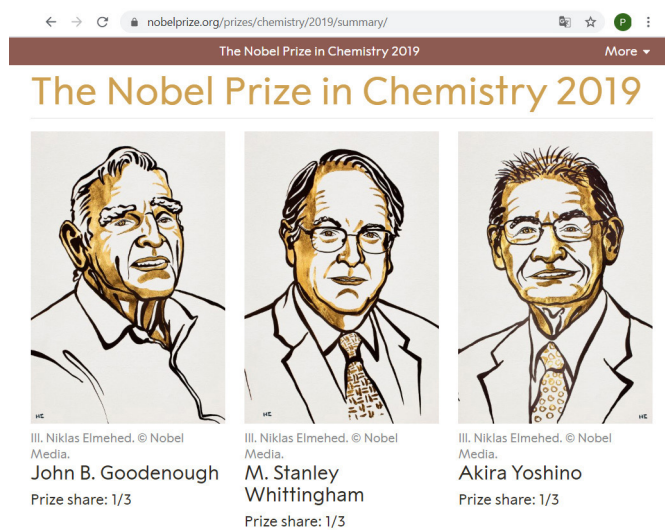
Przyznawanej od roku 1901 Nagrody Nobla nie otrzymał natomiast zajmujący się też paleontologią **Gaston Planté** (rysunek 2). Ani za odkrycie skamieniałości prehistorycznego ptaka (*Gastornis parisien-sis*), ani za wynalezienie w roku 1859 najpopularniejszego do dziś, najszerzej wykorzystywanego akumulatora kwasowo-ołowiowego.

Przez wiele lat znaczącą popularnością cieszyły się też akumulatory niklowo-kadmowe (NiCd) wynalezione pod koniec XIX wieku (Waldemar Jungner – 1898). Do dziś wykorzystujemy ich ulepszoną, nietoksyczną odmianę NiMH w postaci ładowalnych paluszków wielkości AA i AAA.

Nagroda Nobla dla głównych wynalazców akumulatorów litowych nie dziwi, ponieważ od trzydziestu lat akumulatory te stają się coraz popularniejsze i coraz tańsze, a w ostatnich latach ich udział w rynku rośnie wykładniczo.

Aktualnie wprawdzie nie wyparły jeszcze starych dobrych akumulatorów kwasowo-ołowiowych, ale w ostatnich latach na naszych oczach zmarginalizowały znaczenie akumulatorów NiMH. Wszystko wskazuje, że już niedługo całkowicie zdominują one rynek i zmienią oblicze świata.

Dziś najczęściej używane są **akumulatory kwasowo-ołowiowe** oraz odmiany **akumulatorów litowo-jonowych**. W artykule przeznaczonym dla konstruktorów właśnie tym dwóm rodzajom trzeba poświęcić najwięcej uwagi. Niemniej nie tylko warto, ale wręcz trzeba koniecznie podkreślić, że w niektórych zastosowaniach z powodzeniem wykorzystywane są też inne rodzaje akumulatorów. Zanim je omówimy, trzeba wspomnieć o kolejnej ciekawostce...



The Nobel Prize in Chemistry 2019 was awarded jointly to John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham and Akira Yoshino "for the development of lithium-ion batteries."

**Rysunek 1. Naukowcy nagrodzeni Nagrodą Nobla za prace nad rozwojem akumulatorów litowych**

## Powraca... nowe?

Dziś dla większości przeciętnych zjadaczy chleba nowością są samochody elektryczne, w których kluczowym komponentem są akumulatory.

Liczba samochodów elektrycznych aktualnie jest wielokrotnie mniejsza od liczby samochodów z silnikami spalinowymi.

Czy wiesz, że kiedyś było odwrotnie?

Tak!

**Liczba samochodów elektrycznych była dużo większa niż spalinowych!** Tak było przez kilkadziesiąt lat – do lat 20. XX wieku.

Silniki spalinowe były wtedy na początkowym etapie swego rozwoju. Ich obsługa była skomplikowana. Jednym z podstawowych trudności była konieczność uruchomienia takiego silnika za pomocą korby, co nie tylko wymagało siły, ale też było niebezpieczne. Wtedy wydawało się, że samochód z silnikiem spalinowym to nie jest pojazd dla kobiet. Ówczesny kierowca (szofer) musiał być silnym i zręcznym mężczyzną! W przeciwieństwie do tych skomplikowanych,



Rysunek 2. Gaston Planté, wynalazca akumulatora kwasowo-ołowiowego

kłopotliwych w obsłudze i brzydkopachnących pojazdów spalinowych, samochody elektryczne były nieporównanie bardziej przyjazne. Obsługa była łatwa, żadnych kłopotów z rozruchem, żadnych nieprzyjemnych zapachów, spalin...

Co ciekawe, samochody, ściślej pojazdy elektryczne (EV – *electric vehicle*) pojawiły się znacznie wcześniej niż spalinowe! Podobno już w roku 1828 Ányos Jedlik, uważany przez Węgrów za wynalazcę silnika elektrycznego (i prądnicy), zastosował swój prymitywny silnik do napędu modelu pojazdu elektrycznego. W latach 30. XIX wieku pojawiły się prototypy pojazdów elektrycznych z bateriami jednorazowymi. Przełomem było wynalezienie akumulatora ołowiowego (Planté) i jego udoskonalenie (Camille Faure – 1881). W efekcie już pod koniec roku 1881 na Międzynarodowej Wystawie Elektrycznej w Paryżu Gustave Trouvé zaprezentował pojazd elektryczny (tricykl) z akumulatorem, pokazany na **rysunku 3**. W latach 80. XIX wieku pojawiły się samochody elektryczne w Wielkiej Brytanii i Niemczech. W roku 1897 na ulice miast po obu stronach Atlantyku wyjechały taksówki elektryczne. Do przełomu wieków wyprodukowano około 30000 pojazdów elektrycznych.

Mało kto wie, że to właśnie akumulator ołowiowy pozwolił, że samochód po raz pierwszy osiągnął prędkość powyżej 100 km/h i to już w roku 1899. Kto chce wiedzieć więcej, może poszukać nazwiska *Camille Jenatton* i jego raketopodobnego pojazdu *La Jamais Contente*.

Dla porównania: za początek ery samochodów spalinowych uznaje się rok 1886, gdy Karl Benz opatentował swój bryczkopodobny *Motowagen*. Pojazdy spalinowe upowszechniły się dopiero w latach 20. XX wieku, m.in. za sprawą słynnego Forda T, produkowanego od roku 1908.

Nie jest to tylko ciekawostka, ale wprowadza nas do problemów ściśle technicznych. Coraz liczniejsi zwolennicy teorii spiskowych mówią o nieczystej konkurencji drapieżnego lobby naftowego i samochodowego, które rzekomo nieczystymi działaniami doprowadziło do wyeliminowania z rynku samochodów elektrycznych.

Prawdą jest, że o drapieżności lobby naftowego czy samochodowego można powiedzieć i napisać wiele. Jednak w tym akurat przypadku, podstawową przyczyną zniknięcia na prawie sto lat samochodów elektrycznych, są jak najbardziej racjonalne, prozaiczne względy

Kluczowym problemem okazała się gęstość energii. W samochodzie elektrycznym gęstość energii zawartej w starej konstrukcji akumulatorze kwasowo-ołowiowym jest rzędu **20 Wh/kg** (we współczesnych akumulatorach kwasowych rzędu **50 Wh/kg**). W kilogramie masy akumulatora można było zmagazynować 20 watogodzin energii. 1 godzina to 3600 sekund, więc jest to 72000 watosekund, czyli dziesiątka. Inaczej mówiąc 72 kilodżule = 0,072 megadżula na kilogram (0,072 MJ/kg).

Natomiast gęstość energii benzyny jest rzędu 45 MJ/kg. Przy spalaniu 1 kilograma benzyny uzyskujemy 45 megadżuli, czyli 45 milionów watosekund, co daje **12500 Wh/kg**.

Z kilograma benzyny uzyskujemy kilkaset razy więcej energii niż z kilograma akumulatora! Wyznacza to długość przejechanej drogi po jednym tankowaniu/ladowaniu. Nawet przy słabej sprawności silników spalinowych długo nie dawało to szans znacznie bardziej sprawnych silnikom elektrycznym.

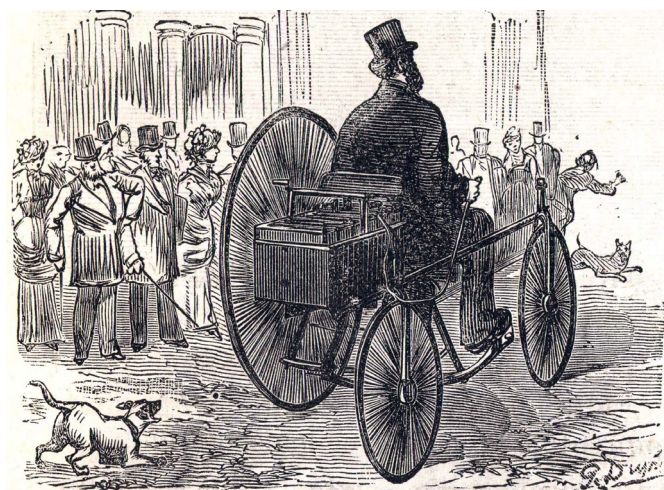
Dziś wracamy do samochodów elektrycznych dysponując akumulatorami dziesięć razy wydajniejszymi niż 100 lat temu (ale nadal energia zgromadzona w ich akumulatorach jest mniejsza niż 100 kWh), a do tego potrafimy oszczędzać i odzyskiwać energię - to jednak odrębny temat. W każdym razie powrót do idei samochodów elektrycznych jest możliwy głównie dzięki poprawie gęstości energii akumulatorów oraz obniżaniu ich cen.

Niech ta ciekawostka związana z samochodami elektrycznymi posłuży do przypomnienia bardzo ważnej kwestii gęstości energii wyrażanej w Wh/kg lub MJ/kg. Szczegóły są potrzebne tylko specjalistom, a współczesnemu elektronikowi wystarczy ogólne pojęcie o tym zagadnieniu. Bo przecież prawie każdy z nas był zaskoczony różnicą między ciężkimi akumulatorami ołowowymi i niklowymi, a lekkimi akumulatorami litowymi. Trzeba też uważać, by przez przeoczenie nie pomylić (grawimetrycznej) gęstości energii **na kilogram** masy akumulatora, z (wolumetryczną) gęstością energii przypadającą na 1 dm<sup>3</sup>, czyli na litr objętości (Wh/dm<sup>3</sup>, Wh/l) która ma znacząco różne wartości.

Nie należy też mylić **gęstości energii** z gęstością mocy, wyrażanej w watach na kilogram (W/kg), która wskazuje, jaką maksymalną moc można uzyskać z danego źródła energii. W te interesujące skądinąd aspekty nie będziemy się wglębiać.

Wystarczy informacje podstawowe: O ile wczesne akumulatory kwasowe zapewniały gęstość energii 20...30 Wh/kg, o tyle współczesne wersje oferują wartości rzędu 50 Wh/kg. Można też z grubsza przyjąć, że akumulatory NiMH mają gęstość energii do 100 Wh/kg. Natomiast różne odmiany akumulatorów litowych oferują gęstość od ponad 100 Wh/kg do ponad 200 Wh/kg.

Wprawdzie w literaturze można znaleźć mnóstwo wzmianek o akumulatorach oferujących gęstość energii rzędu kilkuset, a nawet ponad 1000 Wh/kg, jednak nie chodzi o wyroby powszechnie dostępne



Rysunek 3. Pojazd elektryczny (tricykl) Gustawa Trouve zasilany akumulatorem

na rynku. I jak na razie nie ma szans, by upowszechniły się akumulatory o gęstości energii znacząco większej niż 200 Wh/kg. Aktualnie wszystko wskazuje, że najbliższa przyszłość należeć będzie do akumulatorów litowych o gęstości energii rzędu 200...300 Wh/kg, a postęp będzie polegał przede wszystkim na obniżce ich cen.

## Inne akumulatory

Czy może już słyszałeś o czymś takim jak **akumulatory wanadowe**? Tak, to bardzo interesujący i pobudzający wyobraźnię rodzaj akumulatorów!

Akumulatory wanadowe zostały wynalezione w roku 1985 na Uniwersytecie Nowej Południowej Walii w Australii. Około roku 2000 pojawiły się na światowym rynku pierwsze propozycje komercyjne. Akumulatory wanadowe to rodzaj akumulatorów przepływowych; często oznaczane są angielskim skrótem RFB (*Redox Flow Battery*). Energia jest tam magazynowana w postaci chemicznej w dużej ilości elektrolitu. Kluczową częścią jest stosunkowo nieduże ogniwo, gdzie zachodzą reakcje chemiczne, gdzie energia elektryczna zamienia się na energię wiązań chemicznych (ładowania) i odwrotnie (rozładowanie). Elektrolit magazynujący energię zawarty jest w oddzielnych zbiornikach.

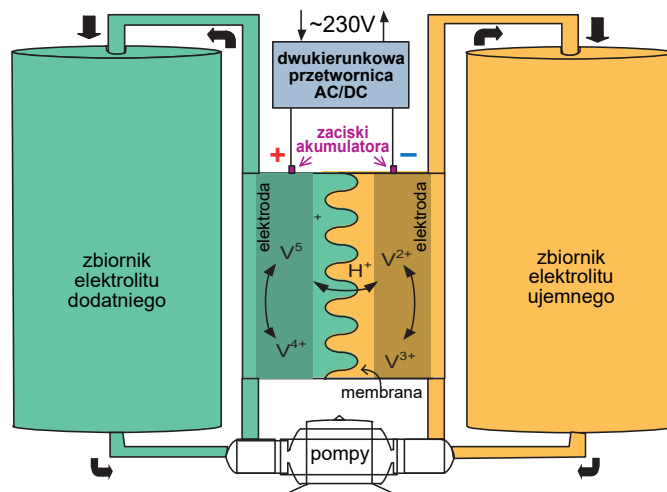
Co ważne, w samym ogniwie znajduje się jedynie znikoma część elektrolitu. Sumaryczna ilość elektrolitu jest nieograniczona, ponieważ pojemność zbiorników magazynujących jest nieograniczona.

Jedną z zalet akumulatorów przepływowych jest to, że ich pojemność nie zależy od wielkości ogniwa, tylko od ilości elektrolitu, zgromadzonego w oddzielnych zbiornikach. Natomiast wielkość ogniwa – reaktora decyduje tylko, jaką chwilową moc maksymalną może mieć akumulator, to znaczy z jakimi prądami ładowania i rozładowania może pracować. Budowę akumulatora wanadowego ilustruje **rysunek 4**. Dwie komory ogniwa oddzielone są półprzepuszczalną membraną, która nie pozwala na zmieszanie obu elektrolitów, ale przepuszcza elektrony i jony wodorowe  $H^+$  (protony). Przez takie przewodzące komory w obiegu zamkniętym przepompowywany jest elektrolit, pochodzący z oddzielnych zbiorników. Elektrolitem, zarówno dodatnim jak i ujemnym jest kwas siarkowy z solami wanadu – siarczanem wanadylu:  $VO(SO_4)$ . A ładowanie i rozładowywanie akumulatora to zmiana stopnia utleniania metalu (wanadu), co wiąże się z pobraniem lub oddaniem elektronów.

Rozładowany akumulator nie tylko można po prostu naładować prądem. Mocno rozbudzający wyobraźnię jest pomysł, że można też szybko wymienić elektrolity na „naładowane” przez przelanie/przepompowanie. Taka możliwość natychmiast przychodzi na myśl zastosowanie w samochodach elektrycznych, a konkretnie tankowanie polegające na wymianie elektrolitu na naładowany.

Idea kusząca, jednak **dostępne dziś akumulatory wanadowe, mają też dość poważne wady**. Gęstość energii jest niska, więc zbiornik na elektrolit zająłby większość objętości (i masy) samochodu. Za wąski jest też użyteczny zakres temperatur pracy, zdecydowanie za mały jak na zastosowania motoryzacyjne. Jak na razie nie są dostępne małe akumulatory wanadowe. Wykorzystywane są tylko potężne instalacje do gromadzenia ogromnych ilości energii w farmach wiatrowych oraz w dużych instalacjach solarnych o mocach rzędu megawatów i pojemnościach od serek tysięcy do milionów amperogodzin, zawierające tysiące litrów kwasu siarkowego.

Dla elektronika konstruktora akumulatory wanadowe są więc tylko ciekawostką, niemniej idea wymiany elektrolitu przypomina o ogniwach paliwowych, co do których jeszcze niedawno żywiono duże nadzieje, także jeśli chodzi o wersje miniaturowe do sprzętu powszechnego użytku. Wprawdzie ogniwa paliwowe, które wytwarzają energię wskutek łączenia wodoru z tlenem z powietrza, nie są akumulatorami, bo ogólnie biorąc nie można ich naładować prądem, a jedynie dostarczyć paliwa – wodoru. Jednak ogniwa paliwowe mogą zastąpić większość akumulatorów, o ile tylko opracowane zostaną odpowiednio małe ich wersje. Prace trwają, jednak wcześniejsze oczekiwania i nadzieje względem ogniwo paliwowych znacznie przygasły.



**Rysunek 4. Uproszczona budowa i działanie akumulatora wanadowego**

Dla porządku trzeba też wspomnieć o magazynowaniu energii elektrycznej w kondensatorach. Jak wiadomo, klasyczne kondensatory mają małą pojemność, więc ilość magazynowanej energii ( $E = 0,5CU^2$ ) jest niewielka. Pojemność, a tym samym ilość magazynowanej energii można zdecydowanie zwiększyć, zmniejszając grubość dielektryka.

W **superkondensatorach**, zwanych też **ultrakondensatorami**, grubość dielektryka jest równa... zero. Nie mają one klasycznego dielektryka, a ich działanie ściśle wiąże się ze zjawiskiem elektrolizy i minimalnym napięciem wymaganym do jej rozpoczęcia. Na granicy elektrody i elektrolitu pojawia się tak zwana warstwa podwójna (*double layer*), która zachowuje się jak izolator. Produkowana dziś tego rodzaju elementy są nazywane EDLC (*Electrochemical Double-Layer Capacitor*) – kondensatorami podwójnej warstwy (z podwójną warstwą). Można je ładować i rozładowywać i to bardzo szybko, ale klasyczne EDLC to nie są akumulatory, bo nie zachodzą tam reakcje chemiczne i energia nie jest magazynowana w wiązaniach chemicznych (ale są też rozwiązania, wykorzystujące reakcje chemiczne redox). Nadal też ich zdolność magazynowania energii jest dużo mniejsza, niż w klasycznych akumulatorach, a najważniejszą zaletą jest możliwość błyskawicznego ładowania i rozładowywania.

Aktualnie najwięcej mówi się o akumulatorach. W szczególności litowych, niemniej znanych jest wiele innych rodzajów akumulatorów i wciąż trwają poszukiwania jeszcze innych ich rodzajów.

Współczesny elektronik – konstruktor nie będzie zaskoczony, gdy usłyszy o akumulatorach innych, niż trzy najpopularniejsze: kwasowo-ołowiowe, litowe oraz nikielowe (NiCd i NiMH): Jeżeli chodzi o wcześniejsze rozwiązania, to od początku XX wieku produkowano na potrzeby kolejnictwa i górnictwa akumulatory **niklowo-żelazowe** (NiFe), gdzie elektrolitem nie jest kwas siarkowy, tylko wodorotlenek potasu. Nie odniosły komercyjnego sukcesu akumulatory **niklowo-cynkowe** (NiZn), i jedno i drugie opatentowane w roku 1901 przez Edisona.

Nieporównanie większą popularność zdobyły w latach 40. XX wieku akumulatory **niklowo-kadmowe** (NiCd), a później **niklowo-wodorkowe** (NiMH). Dziś praktycznie wszystkie akumulatorki o rozmiarach paluszka (AA = R6) to akumulatory NiMH. Nie upowszechniły się natomiast ładowalne kilkanaście do kilkudziesięciu razy **alkaliczne akumulatory manganowe** (RAM – *Rechargeable Alkaline Manganese*), będące ładowalną odmianą jakże popularnych 1,5-woltowych jednorazowych ogniwo alkalicznych.

Oprócz wcześniej opracowanych akumulatorów NiFe i NiZn, trzeba wspomnieć o akumulatorach **srebrowo-kadmowych** (AgCd) oraz o **srebrowo-cynkowych** (AgZn), gdzie substancjami czynnymi elektrod są Zn, ZnO, Ag<sub>2</sub>O, a elektrolitem wodny roztwór KOH. Od dawna w nielicznych zastosowaniach wykorzystywano klasyczne mokre akumulatory AgZn.

Jeżeli chodzi o akumulatory srebrkowe, to trzeba wyjaśnić, że tak zwane akumulatory srebrkowo-wapniowe, oferowane do samochodów, są w rzeczywistości akumulatorami kwasowo-olowiowymi z dodatkiem srebra i wapnia. Podobnie akumulatory antymonowe.

W ciągu ostatnich lat przedstawiono szereg interesujących konstrukcji eksperymentalnych. Należą do nich akumulatory cynkowo-powietrzne, nazywane Zn-Air, Zn-Luft, których nie należy mylić ze znanymi od dawna ogniwami jednorazowymi do aparatów słuchowych.

Duże nadzieje budzą akumulatory aluminiowo-powietrzne oraz niklowo-litowe (Ni-Li), które łączą zalety akumulatorów niklowych i litowo-jonowych. Według oczekiwań, mogłyby one mieć ogromną gęstość energii, wielokrotnie lepszą od współczesnych, porównywalną z gęstością energii benzyny!

Niewiele wiadomo o bateriach i akumulatorach litowo-powietrznych. Opatentowano też akumulatory potasowo-jonowe (K-Ion). Nadziej budzą też akumulatory litowo-siarkowe (LiS).

Mówi się też o akumulatorach sodowo-jonowych (Na-Ion), podobnych do litowo-jonowych, gdzie nośnikami prądu są jony popularnego i taniego sodu. Elektrolitem jest... słona woda. Dostępność składników, ich niska cena i nietoksyczność budzą duże nadzieje pomimo umiarkowanych parametrów.

Od dłuższego czasu znane są też „gorące” akumulatory sodowo-siarkowe (NaS), gdzie metaliczny sód i siarka zostają stopione. Takie akumulatory mają temperaturę pracy rzędu 300...350 stopni i wykorzystywane są wyłącznie w energetyce w dużych systemach bezprzewodowego zasilania. Podobnie w wysokiej temperaturze pracują akumulatory sodowo-niklowe (sodowo-niklowo-chlorkowe, znane jako ZEBRA), gdzie stopiony elektrolit (Na-NiCl<sub>2</sub>) ma temperaturę 250 stopni. Są to akumulatory o potężnych pojemnościach i dużych rozmiarach.

Oprócz przedstawionych różnych odwracalnych źródeł energii elektrycznej, wciąż prezentowane są jeszcze inne koncepcje i rozwiązania. Słyszysz się o akumulatorach cienkowarstwowych, polimerowych i oczywiście grafenowych. Jak na razie, chodzi jednak tylko o nowe koncepcje, a najwyżej laboratoryjne prototypy. Jak na razie, nie widać nowej technologii, która w najbliższych latach mogłaby zagrozić najlepszym aktualnie akumulatorom litowo-jonowym.

Dziś liczą się praktycznie tylko akumulatory ołowiowe i litowe, a spodziewana stopniowa obniżka cen akumulatorów litowych najprawdopodobniej wyeliminuje też ołowiowe.

Nie znaczy to wcale, że dziś niepotrzebne są inne rodzaje akumulatorów. W pewnych specyficznych zastosowaniach nadal z powodzeniem są stosowane inne akumulatory, w tym niklowe.

## Akumulatory niklowe

Akumulatory NiMH, a jeszcze bardziej starsze, znacząco słabsze NiCd mają cechę, bardzo ważną w niektórych zastosowaniach. Otóż nie boją się one ani całkowitego rozładowania, ani przeładowania!

Tymczasem zarówno współczesne akumulatory ołowiowe, jak i wszystkie litowe, mogą być nieodwracalnie uszkodzone zarówno wskutek wyładowania do zera, jak też wskutek przeładowania.

Wprawdzie dziś mamy elektroniczne sposoby ochrony, zarówno przed nadmiernym rozładowaniem, jak i przeładowaniem, jednak w niektórych przypadkach nie tylko prostszym, ale po prostu lepszym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie akumulatorów niklowych. Akumulatory NiCd zawierają wprawdzie trujący kadm i zasadniczo nie

są dozwolone w zastosowaniach powszechnego użytku, jednak są stosowane nie tylko w elektronarzędziach.

Także akumulatory NiMH miały i mają duży potencjał. Stosowano je też z powodzeniem w samochodach elektrycznych (m.in. Toyota), a barierą w ich rozwoju stały się spory patentowe.

Dziś skrót NiMH kojarzy się przede wszystkim z akumulatorami typu paluszki o wielkości AA (R6) i AAA (R03). Wprawdzie tracą one pomału popularność na rzecz litowych, ale nadal są szeroko stosowane. Generalnie mówi się, że akumulatory niklowe mają niedużą sprawność energetyczną i znaczne samorozładowanie. Przeczą temu parametry akumulatorów Eneloop, wprowadzonych na rynek w roku 2005 przez Sanyo i przejętych w 2014r. przez Panasonic, sukcesywnie udoskonalanych w kolejnych latach. Są to akumulatory NiMH produkowane w Japonii, o ulepszonym składzie chemicznym i konstrukcji, co daje znikome samorozładowanie i bardzo dużą trwałość.

Akumulatory niklowe nie znikły z rynku. Przykładem może być TME – w chwili pisania artykułu w ofercie jest ponad 200 różnych ogniw pakietów, zarówno NiCd (35) i NiMH (181) – rysunek 5. W ofertach wielu firm można znaleźć liczne typy i odmiany akumulatorów niklowych. Nadal produkowane i reklamowane są też akumulatory NiFe z informacją, że pomimo małej gęstości energii, właśnie one z uwagi na znakomitą trwałość i niską cenę oferują najniższy sumaryczny koszt przechowywania energii elektrycznej.

## Akumulatory kwasowe

Dawniej określenie akumulator kwasowy miało realny i praktyczny sens, bo użytkownik musiał dbać o poziom elektrolitu, którym był i nadal jest dość silny roztwór kwasu siarkowego.

Dziś dominują akumulatory szczelne, skrótowo nazywane VRLA (Valve Regulated Lead Acid) lub SLA (Sealed Lead Acid) i ich użytkownik z kwasem – elektrolitem nie ma żadnej styczności.

Dzisiejsze szczelne akumulatory VRLA (SLA) często nieściśle nazywane są żelowymi. Nie sposób wykorzenić tego przyzwyczajenia. Określenia akumulator żelowy (nad)używają nie tylko amatorzy. Nie wiedzą oni, że akumulatory żelowe z elektrolitem z dodatkami nadającymi mu postać żelu – galarety, stanowią znaczącą mniejszość wśród szczelnych akumulatorów VRLA/SLA. Zdecydowana większość oferty rynkowej to szczelne akumulatory AGM (Absorbent Glass Mat) z klasycznym ciekłym elektrolitem, uwiecznionym we włóknach szklanej tkaniny – maty.

The screenshot shows a search results page for NiMH batteries on the TME website. The search criteria are: 'Typ akumulatora [216]', 'Producent [190]', 'Napięcie znamionowe [216]', 'Pojemność [215]', and 'Rozmiar ogniw'. The results are filtered to show 216 items. Two specific battery models are highlighted:

Model	Specyfikacja	Cena netto [PLN/szt]
ACCU-1/2A110/JJJ	Akum: Ni-MH, 1/2A, 1,2V, 1100mAh, Ø16,3x27,4mm   INFO   PDF Producent: JJJ Oznaczenie producenta: J-1/2A1100	1+ 5,31   10+ 4,72   25+ 4,13   50+ 3,84
ACCU-1/2A110/JJBL	Akum: Ni-MH, 1/2A, 1,2V, 1100mAh, Wypr. blaski lutownicze   INFO   PDF Producent: JJJ Oznaczenie producenta: J-1/2A1100 BLADE	1+ 5,99   10+ 5,28   25+ 4,61   50+ 4,28

Rysunek 5. Bogata oferta akumulatorów niklowych

Dla elektronika – konstruktora nazewnictwo to drobny szczegół, a kluczową sprawą jest wybór odpowiedniego akumulatora spośród mnóstwa odmian i rodzajów. A różnica między akumulatorami żelowymi i AGM jest znacząca, dotyczy i parametrów i cen.

Na pewno ani cena, ani popularność nie powinny być podstawowym kryterium przy wyborze.

Ogromna większość współczesnych akumulatorów to tzw. akumulatory bezobsługowe (VRLA/SLA), zwykle także na tyle szczelne, że mogą pracować w dowolnym położeniu bez obawy wycieku żrącego elektrolitu. Ogromna większość, ale nie wszystkie...

Może się wydawać, że dziś totalnym przeżytkiem są akumulatory mokre. Anachronizmem wydają się klasyczne sposoby mierzenia gęstości elektrolitu areometrem (nie aerometrem, który służy do pomiarów gęstości powietrza – gazów) oraz dolewanie wody, której objętość zmniejsza się wskutek zachodzącej elektrolizy. Wbrew pozorom, takie wymagające obsługi akumulatory nadal okazują się atrakcyjne w okreslonych zastosowaniach.

Otóż budowa i szczegóły składu chemicznego akumulatorów kwasowo-olowiowych optymalizowane są do określonych zastosowań i określonego rodzaju pracy. Znane chyba każdemu, dwa podstawowe, skrajnie rodzaje to **praca buforowa** i **praca cykliczna**. Ale w licznych zastosowaniach akumulator pracuje w trybie pośrednim, pomiędzy czystą pracą buforową, a pracą cykliczną. Klasyczny przykład pracy buforowej to 12-woltowy akumulator w urządzeniu UPS, który cały czas pozostaje po napięciu 13,5...13,8 V, a pracuje – oddaje energię tylko w bardzo rzadkich chwilach, gdy zabraknie prądu w sieci energetycznej 230 V. Kluczowym parametrem przy pracy buforowej jest trwałość, która dla różnych odmian akumulatorów i różnych producentów wynosi od 3 do kilkunastu, a nawet aż do 20 lat.

Klasycznym przykładem pracy cyklicznej jest akumulator w wózku widłowym w magazynie. Jest ładowany w nocy i pracuje w ciągu dnia, ulegając codziennie prawie całkowitemu rozładowaniu (deep discharge). **Właśnie praca cykliczna, pomiędzy pełnym naładowaniem i pełnym rozładowaniem (ale nie do zera) jest dużym stresem, skracającym trwałość każdego akumulatora.** Do takiej ciężkiej pracy optymalizowane są akumulatory nazywane *trakcyjnymi*. Niektóre mogą być szczelne, ale nadal często akumulatory trakcyjne (głębokiego wyładowania) są akumulatorami otwartymi, mokrymi (flooded). Zasadniczo mokre akumulatory trakcyjne, powszechnie stosowane w wózkach widłowych, nie leżą w zakresie zainteresowań konstruktora elektronika, jednak warto wiedzieć o pewnym wyjątku. Chodzi o akumulatory do wyspowych instalacji solarnych (off grid). Z reguły stosowane są tam jakieś odmiany akumulatorów szczelnych (VRLA/SLA), zwykle AGM. Jest to jedyne rozwiązanie akceptowalne dla niewykwalifikowanego użytkownika. Jednak dokładniejsza analiza specyfiki pracy oraz praktyczne doświadczenia wskazują, że znacząco lepsze parametry wyspowego systemu solarnego uzyskuje się przy zastosowaniu akumulatorów mokrych (flooded). Co prawda wymagają one okresowej kontroli poziomu elektrolitu i dolewania wody. Jeżeli jednak użytkownik rozumie szczegóły, też te związane z wydzielenie palnego, wybuchowego wodoru, a także gotowy jest poświęcić co tydzień trochę czasu na ich kontrolę i obsługę, wtedy właśnie akumulatory mokre okażą się optymalnym wyborem.

To kolejny odrębny, szeroki temat – w każdym razie znaczący producenci mają w ofercie kilka, a nawet kilkanaście rodzajów

hurt.com.pl

Kod Rabatowy

58 552 20 20  
Napisz do nas  
Lokalizacja

Akumulatory żelowe / AGM 12V

Sortuj według: cena | nazwa | kategoria  
pokaż ceny: netto | brutto

- akumulator żelowy AGM Dream Power 12V 12Ah bezobsługowy, szczelny akumulator typu VRLA wykonany w technologii AGM przystosowany do pracy buforowej i cyklicznej  
napięcie: 12V  
pojemność: 12Ah  
wymiary: długość - 151mm, szerokość - 98mm, wysokość - 95mm  
89,99 zł  
towar w magazynie  
dodaj do koszyka
- Akumulator AGM / żelowy Europower serii EP 12V 7,2Ah T1  
Renomowany producent - Europower!  
akumulatory o żywotności projektowanej 6 - 9 lat  
przystosowany do pracy buforowej i cyklicznej  
złącze typu fast-on T1 - 4.75mm  
109,99 zł  
towar w magazynie  
dodaj do koszyka
- Akumulator AGM / żelowy Europower serii EV 12V 73Ah/C10  
Seria EV to akumulatory zaprojektowane specjalnie do pracy w zasilaczach UPS.  
Renomowany producent - Europower!  
akumulatory o żywotności projektowanej 6 - 9 lat  
przystosowany do pracy buforowej i cyklicznej  
1 096,00 zł  
dostępny w ciągu 2-5 dni  
dodaj do koszyka

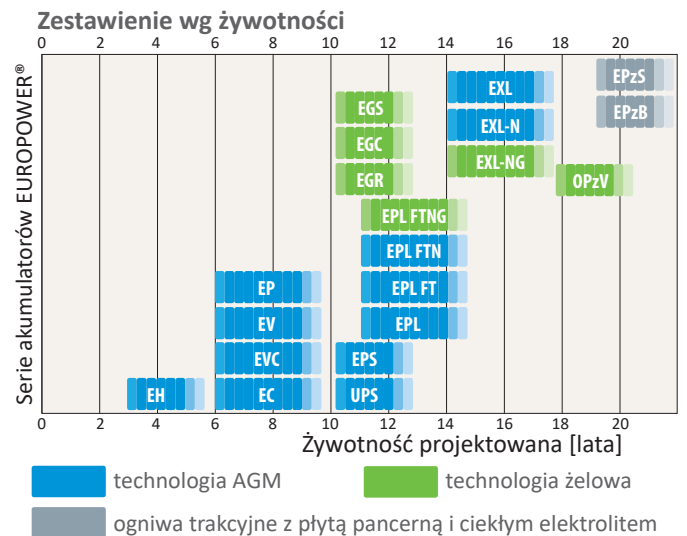
Rysunek 6. Przykład oferty akumulatorów AGM

szczelnych akumulatorów kwasowo-olowiowych oraz mokrych. Konstruktor powinien zapoznać się z ich specyfiką i zaleceniami producenta. Podstawowe zasady są wspólne dla wszystkich akumulatorów kwasowych, jednak w poszczególnych grupach zastosowań liczą się pewne specyficzne szczegóły.

Przykładem różnorodności typów i zastosowań mogą być oferty poszczególnych producentów i dystrybutorów. **Rysunek 6** to zrzut ze strony <http://bit.ly/2SCvX43>, a **rysunek 7** to fragment katalogu EUROPOWER.

W przypadku wszystkich akumulatorów kluczowa jest trwałość poszczególnych odmian i wersji, która jest zależna od temperatury pracy oraz częstości i głębokości rozładowywania. Niełatwo jednak ocenić stosunek ceny do jakości oraz przewidzieć realny czas pracy, ponieważ oprócz wspomnianych aspektów technicznych, ogólna jakość oraz skłonność do starzenia i awarii jest zdecydowanie różna u poszczególnych producentów. Niemarkowe nonejmy często płatą przykre niespodzianki, szybko rujnąc zadowolenie z niskiej ceny zakupu. Trzeba jednak przyznać, że **najlepszy markowy akumulator ołowiowy też łatwo zamordować wskutek przeładowania lub niedoładowania.**

Oferta rynkowa akumulatorów kwasowych jest bardzo bogata, a przy wyborze należy kierować się nie tylko danymi katalogowymi,



Rysunek 7. Zestawienie pokazujące różnorodność akumulatorów kwasowych

ale też informacjami z dobrych źródeł na temat realnej trwałości oraz prawdopodobieństwa przedwczesnych uszkodzeń.

## Akumulatory litowe

Przytłaczająca większość dzisiejszych akumulatorów litowych to akumulatory **litowo-jonowe**, często oznaczane skrótami Li-Ion. Kluczowym składnikiem jest metal lit, grafit oraz inne związki chemiczne, w wielu kobalt albo mangan. Dla konstruktora ważne są parametry użytkowe, a znikome znaczenie mają szczegóły technologiczne oraz szczegóły składu chemicznego (LCO, LMO, LMC, NCA, LTO).

W przytłaczającej większości akumulatorów litowych podawane przez producenta napięcie nominalne wynosi 3,6 V lub 3,7 V. Zwykle jest to przyjęta wartość umowna, a podawanie wyższej wartości nominalnej 3,7 V zamiast 3,6 V wydaje się drobnym zabiegiem marketingowym. W rzeczywistości napięcie akumulatora podczas pracy zmienia się znacząco, w zakresie od 2,5...3,0 V do 4,2 V. Przy markowych ogniwach napięcie nominalne jest niczym innym jak średnim napięciem z rozładowania wg. wytycznych producenta. Zatem można znaleźć akumulatory o napięciu nominalnym np. 3,63 V. Prawie wszystkie akumulatory oznaczane 3,6 V i 3,7 V ładowane są w identyczny sposób, za pomocą jednakowego typu ładowarek i co ważne: do napięcia końcowego 4,20 V. Ale są wyjątki: niektóre akumulatory o napięciu nominalnym 3,7 V oraz 3,8 V powinny być ładowane inaczej – do nieco wyższego napięcia końcowego – trzeba to sprawdzać w katalogach.

Drugą, znacząco mniejszą grupę stanowią (litowe) akumulatory fosfatowe (LiFePO<sub>4</sub>, LFP) o mniejszym napięciu nominalnym 3,2 V.

Interesująca jest kwestia popularnych akumulatorów oznaczanych skrótami Li-Po albo Li-Poly – akumulatorów polimerowych. W rzeczywistości to też są **akumulatory litowo-jonowe**, tylko zawierają inny elektrolit. Nie jest nim nieorganiczna ciecz, tylko zwykle mające konsystencję pasty związki organiczne – polimery, stąd nazwa.

Dla użytkownika różnice między Li-Ion a Li-Po zasadniczo nie mają żadnego znaczenia. Jednak warto wspomnieć o niecisłych skojarzeniach. Mianowicie akumulatory o kształcie cylindrycznym słusznie uznawane są za Li-Ion, natomiast przez niektórych wszystkie niecylindryczne, o kształtach zbliżonych do prostopadłościanu czy poduszki, są uznawane za polimerowe (Li-Po). Kształt nie ma tu znaczenia, decyduje bowiem skład elektrolitu. Dla użytkownika nazewnictwo nie jest istotne, w każdym razie nie warto się upierać w kwestii różnic między Li-Ion i Li-Po.

Trzeba też pamiętać, że istnieje duże akumulatory litowe o pojemnościach dziesiątek i setek amperogodzin, nie tylko odmiany LiFePO<sub>4</sub> (LFP), ale też Li-Ion. Tu zaskoczeniem może być sprawdzenie stosunku ceny do pojemności w porównaniu do małych akumulatorów 18650. Przy okazji wyjaśni się, dlaczego w wielu samochodach

elektrycznych stosowane są zestawy małych ogniw 18650 lub niewiele większych (20700, 21700).

Pomijając akumulatory fabrycznie montowane w sprzęcie mobilnym, zdecydowanie najpopularniejsze na rynku są dziś cylindryczne akumulatory Li-Ion o oznaczeniu 18650, gdzie 18 to średnica nominalna, a 65 to długość nominalna w milimetrach. Prawie wszyscy wiedzą jednak, że wersje nazywane **protected**, posiadające wbudowane półprzewodnikowe zabezpieczenia przed przeładowaniem i rozładowaniem. Mogą mieć długość ponad 70 milimetrów, w praktyce ok. 71...73 mm i zdarza się, że nie pasują do wielu urządzeń, czy ładowarek.

Przy podanych rozmiarach akumulatory 18650 mają masę w granicach 45...50 gramów oraz znacząco różną pojemność: w tanich elektronarzędziach stosowane są odmiany o pojemności 1300 mAh lub mniej, zaś najlepsze odmiany mają pojemność do 3300...3500 mAh. Pojemność rzędu 3400 mAh najpierw miały tylko najlepsze wersje NCR18650 produkowane przez Sanyo – Panasonic, potem takie pojemności osiągnęły także najlepsze odmiany akumulatorów 18650 produkcji Samsung (35E) i LG (MJ1).

Jednak na rynku jest mnóstwo akumulatorów litowych, zarówno cylindrycznych 18650, jak i prostopadłościanych/poduszkowych o deklarowanych niewiarygodnie dobrych parametrach. Do parametrów handlowych trzeba podchodzić bardzo ostrożnie.

Pojemność to kluczowy parametr, do którego wrócimy, ale w niektórych zastosowaniach ważny jest też maksymalny prąd obciążenia, podawany albo w amperach, albo często w krotności liczbowej wartości pojemności C.

**W przypadku prawie wszystkich akumulatorów 18650 maksymalne prądy rozładowania są niezbyt duże, rzędu kilku C, co przy pojemności 2...3 Ah daje prądy maksymalne rzędu 10 amperów. Ale na rynku są też akumulatory litowe o deklarowanej ogromnej wydajności prądowej, nawet 100...200 C!**

Wygląda to rewelacyjnie, ale nie dla wszystkich jest oczywiste, co to naprawdę znaczy czy raczej co to miałyby oznaczać. Żeby nie dojść do absurdu, warto rozważyć przykład idealnego akumulatora, którego pojemność nie zależy od wielkości prądu i który można obciążać dowolnie dużym prądem. Otóż przy prądzie obciążenia liczbowo równym 1 C, czas pracy to oczywiście 1 godzina – 60 minut. Przy prądzie obciążenia 4 C czas pracy to tylko 15 minut. Przy prądzie obciążenia 10 C akumulator będzie pracował tylko 6 minut. Przy prądzie 60 C czas pracy wyniósłby tylko 1 minutę. A przy prądzie obciążenia 200 C czas pracy wyniósłby tylko 18 sekund.

Po co komu akumulator, który miałby pracować tylko kilkanaście czy kilkadziesiąt sekund? Istotnie trudno sobie wyobrazić drona z akumulatorem pracującym mniej niż minutę...

Nierealna bzdura?

Nie do końca! W tym kontekście należałoby wspomnieć o aku-

mulatorach litowych, stosowanych w eksperymentalnych modelach najszybszych wyczynowych, zdalnie sterowanych pojazdów (samochodów), dla których potrzebne byłyby ogromne prądy rozładowania. Niektóre rzeczywiście pracują przy zadziwiająco dużych prądach rozładowania, czyli przez zaskakująco krótki czas. Można byłoby to sobie wyobrazić w przypadku akumulatora o małej pojemności. **Rysunek 8** pokazuje fragmenty pewnej chińskiej strony internetowej z ofertą handlową akumulatora, a raczej pakietu 22,2 V (6SP1) 1000 mAh o ciągłym prądzie maksymalnym 100 C i impulsowym 200 C (a oferowane są też wersje o prądzie ciągłym 120 C i impulsowym 240 C).



CNHL MiniStar 22.2 V 1000 mAh 6 S 100C  
Lipo baterii akumulator  
dla RC Drone FPV Racing wielu wirlnika  
W/XT60 złącze wtykowe  
5.0 ★★★★★ (1 głosy) Sklep: Air toy

**US \$24.99**  
\$16.549-98 -50%

Wyświetl szczegóły & Kup

Ochrona kupującego  
Gwarancja zwrotu pieniędzy Zwrót w 1

**Specyfikacja:**  
Nazwa marki: CNHL  
Nazwa przedmiotu: ministar 22.2 V 1000 mAh 100C bateria lipo  
Pojemność: 1000 mAh  
Napięcie: 22.2 V/6-komórek/6S1P  
Szybkość rozładowania: 100C ciągle/200C Burst  
Szybkość ładowania: 5C Max  
Rozmiar: 56X30X66mm  
Waga: 186g (w tym drutu i złącze)  
Złącze wyjściowe: XT60

**Rysunek 8. Pakiet akumulatorów wyróżniający się dużym dopuszczalnym prądem rozładowania**



lipo Battery 7.4V 10000mAh Lipo 2S 100C 200C  
RC Battery Deans Pack for 1/8 1/10  
Car RC Boat Helicopter Quadcopter Boat Car  
1 order  
**US \$59.42** US \$64.89 -30%

**Rysunek 9. Akumulator, który najpewniej nie spełnia oferowanych parametrów**

Przy pojemności nominalnej 1 Ah prąd 100 C to 100 amperów, co jest wartością względnie łatwą do wyobrażenia. Prąd 100 A przy napięciu akumulatora 22 V daje 2200 watów i tu już trudniej wyobrazić sobie obciążenie, a konkretnie mały silnik o takiej mocy.

W rzeczywistości tego rodzaju akumulatory pracują przy prądach ciągłych dużo mniejszych niż 200 C czy 100 C i nie przez kilkanaście czy kilkadziesiąt sekund, tylko znacznie dłużej. Choćby dlatego, że są przeznaczone do dronów, których czas lotu to minimum kilka minut, co oznacza prąd rozładowania co najwyżej 10 C.

Ogromna wydajność prądowa 100 C/200 C, o ile w ogóle jest prawdziwa, w tym przypadku wskazuje tylko na znikomą rezystancję wewnętrzną, a więc znikomy spadek napięcia pod obciążeniem i niewielkie grzanie akumulatora podczas pracy przy prądach rzędu kilku C. Wbrew informacjom reklamowych wcale nie oznacza natomiast, że akumulator może pracować przy prądzie ciągłym 100 C czy jeszcze większym. A przecież oferowane są akumulatory o deklarowanym ciągłym prądzie rozładowania nawet 175 C (np. <http://bit.ly/396MQ18>)!

**Rysunek 9** pokazuje fragment oferty akumulatora 7,4 V 10000 mAh z chińskiego sklepu internetowego. Według opisu maksymalny ciągły prąd rozładowania to 100 C, impulsowy do 200 C. Akumulator ma pojemność 10 amperogodzin, więc prąd ciągły 100 C to niewyobrażalne 1000 amperów!

Na pewno akumulator nie może pracować z takim prądem ciągłym! Choćby tylko z uwagi na przewody i złącze. Główne przewody to AWG10 (o przekroju 5,3 mm<sup>2</sup>), a złącze stykowe to XT60. I takie przewody, i takie złącza mogą pracować przy prądach co najwyżej 100 A, ale nie 1000 A. Dziesięciokrotne zwiększenie prądu (100 A/1000 A) spowoduje stukrotne zwiększenie mocy strat wydzielanej: w przewodach, w złączu i w rezystancji wewnętrznej akumulatora. Spowodowałoby to przegrzanie, stopienie izolacji przewodów, a być może także samozapłon niewielkiego akumulatora!

Z deklarowanymi wartościami pojemności jest jeszcze gorzej! Warto to prześledzić na przykładzie popularnych 18650. Otóż **aktualnie (początek roku 2020) NIE MA AKUMULATORKÓW 18650 o pojemności większej niż 3600 mAh.**

W roku 2014 Panasonic poinformował o niedostępnej dziś wersji NCR18650G o pojemności nominalnej 3550 mAh i gwarantowanej 3450 mAh – **rysunek 10**. Tej wersji nie ma jednak na rynku, trudno znaleźć nawet informacje katalogowe.

Łatwiej znaleźć dane katalogowe i oferty wersji NCR18650GA o pojemności 100 mAh mniejszej – **rysunek 11**.

Model	NCR18650G	
Nominal Voltage (V)	3.6	
Rated Capacity (mAh)/Min. at 20°C	3400	
Nominal Capacity (mAh)/Min. at 25°C	3450	
Nominal Capacity (mAh)/Typ. at 25°C	3550	
Standard Charge(CCCV)	0.3It 4.2V	
Dimensions with Tube(Max.)	Diameter	18.5
	Height	65.3
Weight (g) (max.)	48.0	

**Rysunek 10. Największa rzeczywista pojemność akumulatora typu 18650 wynosi 3550 mAh (z dokumentacji Panasonic)**

**Specifications for NCR18650GA**

Specifications		
Rated capacity <sup>(1)</sup>		3300mAh
Capacity <sup>(2)</sup>	Minimum	3350mAh
	Typical	3450mAh
Nominal voltage		3.6V
Charging	Method	CC-CV
	Voltage	4.20V
	Current	Std. 1475mA
	Time	Std. 270 min.
Weight (max.)		48.0g
Temperature	Charge	10 to +45° C
	Discharge	-20 to +60° C
	Storage	-20 to +50° C
Energy density <sup>(3)</sup>	Volumetric	693 Wh/l
	Gravimetric	224 Wh/kg

<sup>(1)</sup> At 20° C <sup>(2)</sup> At 25° C  
<sup>(3)</sup> Energy density is calculated using bare cell dimensions (without tube).

**Rysunek 11. Największa rzeczywista pojemność akumulatora typu 18650 dostępnego w sprzedaży wynosi 3450 mAh (z dokumentacji Panasonic)**

Jak pokazuje **rysunek 12**, zrzut z europejskiej strony <https://bit.ly/372oQq8>, aktualnie jest to najlepsza z oferowanych wersji, a w ofercie dla Ameryki (<https://bit.ly/2FLERtp>), najlepsza jest wersja NCR18650BF (**rysunek 13**) o pojemności typowej 3350 mAh

eu.industrial.panasonic.com/products/batteries-energy-products/secondary-batteries-rech

**Panasonic INDUSTRY** Products Solutions Applications Downloads RoHS

Home > Products > Batteries & Energy Products > Secondary Batteries (Rechargeable Batteries) > Lithium Ion Batteries > -Cylindrical Type-

**Lithium Ion Batteries: -Cylindrical Type-**

Part No.	Type	Nominal Voltage (V)	Nominal Capacity (min.) (mAh)	Nominal Capacity (typ.) (mAh)	Diameter (mm)
UR-18650AA	General Purpose Models	3.6	2150	2250	18.5
UR-18650RX	High Drain Models	3.6	1950	2050	18.5
NCR-18500A	High Capacity Models (Ni System)	3.6	1940	2040	18.5
NCR-18650BD	High Capacity Models (Ni System)	3.6	3030	3180	18.5
NCR-18650BF	High Capacity Models (Ni System)	3.6	3250	3350	18.6
NCR-A8650GA	High Capacity Models (Ni System)	3.6	3350	3450	18.5
UR-18650ZM2	General Purpose Models	3.6	2470	2550	18.5

**Rysunek 12. Akumulatory litowe w europejskiej ofercie marki Panasonic**

na.industrial.panasonic.com/products/batteries/rechargeable-batteries/lineup/lithium-ion/series/90729

**Panasonic** Products What's New Blog Coming Soon

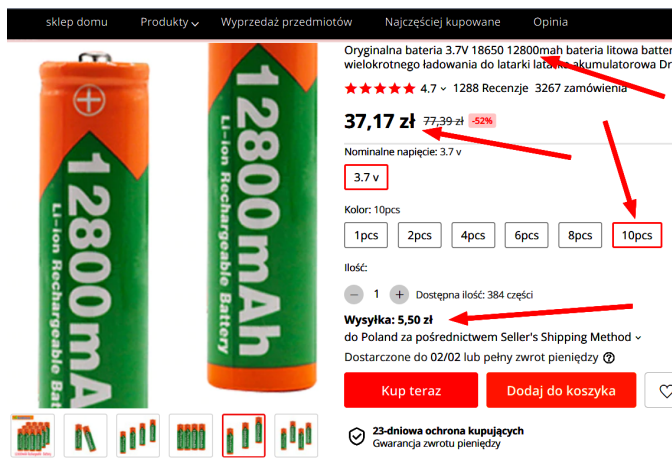
Batteries > Rechargeable Batteries > Lithium Ion > Cylindrical Series

**CYLINDRICAL SERIES**

**PART NUMBER LIST**

Part No.	Datasheet	Nominal Voltage (V)	Typical Capacity (mAh)	Charge Voltage (V)	Dia
UR18650ZTA		3.7	3000	4.35	18.6
NCR18650BF		3.6	3350	4.2	18.24
UR18650A		3.6	2250	4.2	18.5
NCR18650PF		3.6	2900	4.2	18.15
NCR18650BD		3.6	3180	4.2	18.25
UR18650RX		3.6	2050	4.2	18.5

**Rysunek 13. Akumulatory litowe w amerykańskiej ofercie marki Panasonic**



Rysunek 14. Zawyżane parametry akumulatorów litowych

i minimalnej 3250 mAh. W ofercie renomowanych producentów jak LG, Samsung czy Sony znajdziemy podobne oferty z najlepszymi wersjami do 3600 mAh.

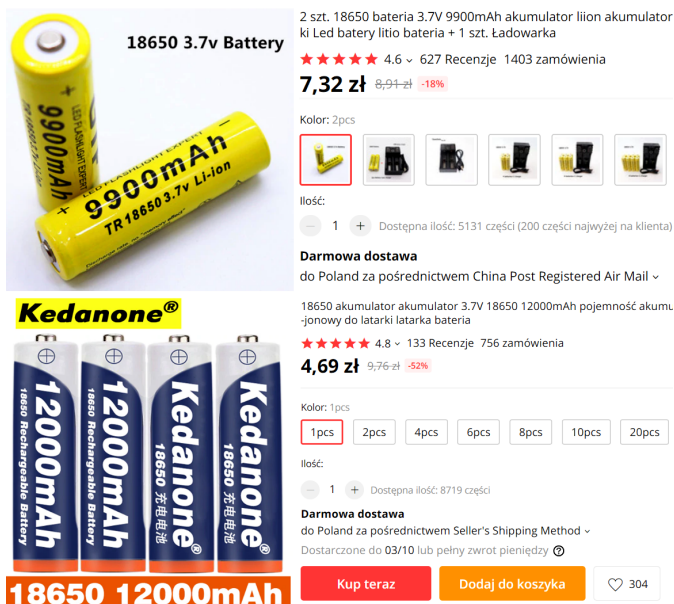
Pojemność może być większa, ale nie przy wielkości 18650 – przykładowo grubsze i cięższe 26650 (średnica 26 mm) mają pojemność do 5000 mAh. Dostępne są też akumulatory 20700 (średnica 20 mm, długość 70 mm) oraz 21700, wykorzystywane m.in w samochodach Tesla. Natomiast **reklamy akumulatorów wielkości 18650 o rzekomej pojemności ponad 3600 mAh są ewidentnym oszustwem!**

Rysunek 14 pokazuje tego rodzaju ofertę (Aliexpress), a rysunek 15 – dwie kolejne, równie atrakcyjne. Przy pojemności 12800 mAh (12,8Ah), napięciu nominalnym 3,7 V, masie ogniwa około 47 g i cenie około 4,3 zł/szt. (37,17 zł+5,5 zł)/10 szt. uzyskalibyśmy rewelacyjną ilość energii 36,7 Wh, rewelacyjną gęstość energii 780 Wh/kg i rewelacyjną jak na akumulatory cenę niecałe 12 groszy za watogodzinę. To są wartości wzięte z sufitu, a pomiary pokazują, że realna pojemność tego rodzaju superakumulatorów jest często dziesięć razy mniejsza od deklarowanej.

Wcześniej stwierdziliśmy, że najwyższe realne pojemności są rzędu 3400...3600 mAh. Pomnożenie pojemności 3600 mAh przez napięcie nominalne 3,6 V daje 12,96 Wh. Przy masie typowego ogniwa około 48 gramów (46...50 g) dawałoby to 270 watogodzin na kilogram. Niestety, w rzeczywistości jest znacznie gorzej. Do obliczeń nie powinniśmy brać napięcia nominalnego, tylko niższe: jak pokazuje rysunek 11, dotyczący NCR18650GA, gdzie producent podaje gęstość energii swojej najlepszej wersji równą 224 Wh/kg. I takie wartości potwierdzają liczne niezależne testy.

Omówione tu były skrajne, jaskrawe przypadki ewidentnego oszustwa. Ale problem zawyżania pojemności dotyczy także uczciwych sprzedawców, którzy mogą zostać wprowadzeni w błąd przez hurtownika lub nierzetelnego wytwórcę. Popularne są bowiem podróbki, wyglądające jak wyroby wiodących producentów.

Przy zakupie trzeba zwracać uwagę na gwarantowaną pojemność minimalną, która będzie podstawą ewentualnych reklamacji. Warto poszukać na forach szczegółowych informacji o testach akumulatorów 18650 i upewnić się, czy dystrybutor testował sprzedawane



Rysunek 15. Podawane na aukcjach parametry akumulatorów często nie przekładają się na ich rzeczywiste możliwości

akumulatory lub czy ma inne solidne dowody ich jakości. **Generalnie akumulatory litowe nie nadają się do bardzo szybkiego ładowania.** Typowe prądy ładowania są mniejsze niż 1 C, a typowe czasy ładowania rzędu 2 do 4 godzin. **Zwykle większe dopuszczalne prądy maksymalne, i rozładowania, i ładowania, mają wersje o mniejszej pojemności.** Nie zawsze więc najpojemniejsze wersje okażą się najlepsze.

Przy wyborze trzeba brać pod uwagę nie tylko pojemność i cenę zakupu, ale też inne czynniki. Na przykład to, dla jakich warunków określone są parametry? Jak określana jest trwałość, dla jak głębokiego rozładowania? I jak duża utrata pojemności (80% czy 60% pierwotnej) uznawana jest jako granica zużycia?

W przypadku wszelkich akumulatorów litowych trzeba też uwzględnić problem zabezpieczeń przed przeładowaniem i nadmiernym rozładowaniem, a nie zawsze najlepszą opcją jest użycie akumulatorów posiadających fabryczne zabezpieczenia (*protected*).

### Podsumowanie

Oferta akumulatorów jest ogromnie szeroka. W obecnej sytuacji trudny może być wybór pomiędzy znanymi, sprawdzonymi akumulatorami ołowowymi a nowymi, bardzo zachwalanymi, ale jeszcze mniej poznanymi litowymi. Wybór zawsze wymaga od konstruktora wnikliwej analizy, nie tylko cen i danych zawartych w katalogach. Decyzje mogą też wynikać z osobistych doświadczeń i przyzwyczajzeń. Jedni zastanowią się, czy warto trwać przy starych przyzwyczajeniach. Inni odwrotnie: czy zamiast gonić za niepewnymi nowościami nie warto wykorzystać rozwiązań wprowadzone starszych, ale sprawdzonych i tańszych?

Sytuacja się zmienia, akumulatory litowe zauważalnie tanieją, na pewno trzeba więc trzymać rękę na pulsie.

Piotr Górecki

REKLAMA

KiTY AVT na video <http://bit.ly/2ScLZTy> • O KIT-ach AVT przeczytasz również na Facebooku <http://bit.ly/2BjVMN7>

<p><b>KiTY AVT</b></p> <p>AVT1510 - Optyczna bariera laserowa 3,9 tys. wyświetleń • 2 lata temu</p>	<p>AVT1327 - Mini generator funkcyjny 2,5 tys. wyświetleń • 2 lata temu</p>	<p>Pojazd zdalnie sterowany 2,2 tys. wyświetleń • 3 lata temu</p>	<p>AVT2725 - Mikroprocesorowy miernik pojemności 2,6 tys. wyświetleń • 3 lata temu</p>	<p>AVT1870 - Obrotomierz 0...29999 obr/min 10 tys. wyświetleń • 3 lata temu</p>
---	---	---	--	---