

Systemy wbudowane – wykład do samodzielnego opracowania

Rzecz o zasilaniu

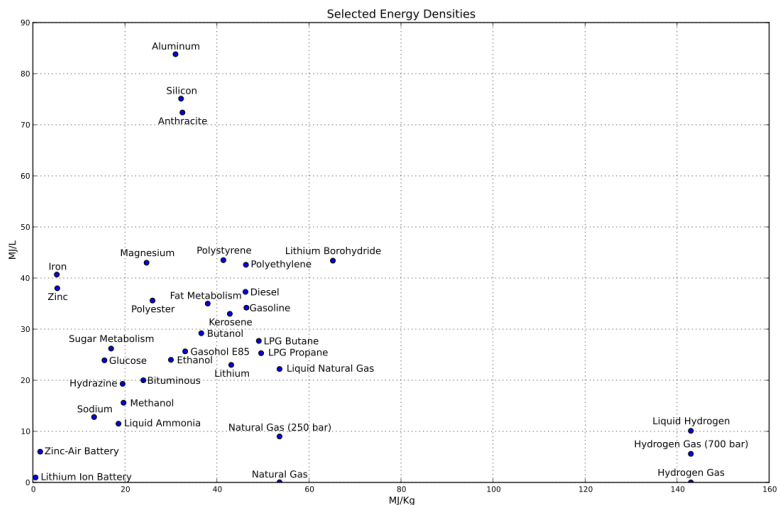
Przemek Błaśkiewicz

27 maja 2020

Podstawowe parametry akumulatora

- napięcie znamionowe (V) jakie jest typowe napięcie pracy akumulatora
- pojemność (Ah), oznaczana lit. C ile prądu jest w stanie oddać w przeciągu godziny
- gęstość mocy (W/kg, W/l) – gęstość energii (J/kg)
- żywotność (cykle) jak postępuje degradacja pojemności wraz z cyklami użycia
- samorozładowanie jak zachowuje się „leżąc na półce”
- chemia (zasadowe, kwasowe, jakie elektrody...)
- wymiary (AA, AAA, 18650, R20, ...)
- ...

Gęstość energii ♠



https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density

Akumulatory ołowiane i żelowe (SLA) – *sealed lead acid*

- główne źródło energii w pojazdach chociaż bywają też akumulatory srebrowe ♠
- elektrody ołowiane zanurzone w H_2SO_4 (kwas siarkowy)
- potrafią oddać duży prąd (rozzrusznik, szczególnie na zimno)
- nieporównanie cięższe (ołów!) - gęstość $\approx 40 \text{ W/kg}$
- przeładowanie powoduje elektrolizę $\rightarrow$ wodór + tlen
- napięcie na celę: $\approx 2,1\text{V}$ - "śmierć" przy ok $1,8\text{V}$ czyli $6 \cdot 1,8 = 10,8\text{V}$ to akumulator do śmierci
- samorozładowywanie: ok 3% na miesiąc niskie temperatury przyspieszają sprawę, dlatego auta w zimie stoją...
- przechowywanie: bezczynność zabija (*top charging*) dlatego w komisach aut włączają silnik raz na kilka dni...
- ładowanie: np. $0,1\text{C}$ przez 10h lub limit prądu przy napięciu $2,20\text{-}2,44\text{V/celę}$ Uwaga! trzeba kontrolować temperaturę!

Niklowo-kadmowe - NiCd

- katoda (+): NiO(OH), anoda (-): kadm (Cd) (silnie trujący metal ciężki)
- gęstość mocy: 40-80 W/kg
- samorozładowywanie: nawet 20%/mies.
- napięcie na celę: 1,2V, typowa pojemność: 800 mAh
- 0,9V na ogniwie to problem, ale można wskrzesić są ładowarki z funkcją „boost”
- trwałe (nie tracą właściwości po wielokrotnym użyciu) ALE...
- mają efekt pamięci np. bateria ładowana przy 40% pojemności „zapamięta”, że ma tylko 60% pojemności...
Potrzeba kilka cykli rozładuj-do-zera-naładuj-na-maksa, żeby wrócić.
- ładowanie: np. 16h@0,1C lub szukać ($-\frac{\Delta V}{\Delta t}$) szukamy momentu, kiedy przyrost napięcia na ładowanym ogniwie na chwilę spadnie
- ładowanie podtrzymujące (*trickle charge*): prądem 0,05-0,06C
- przechowywać naładowane

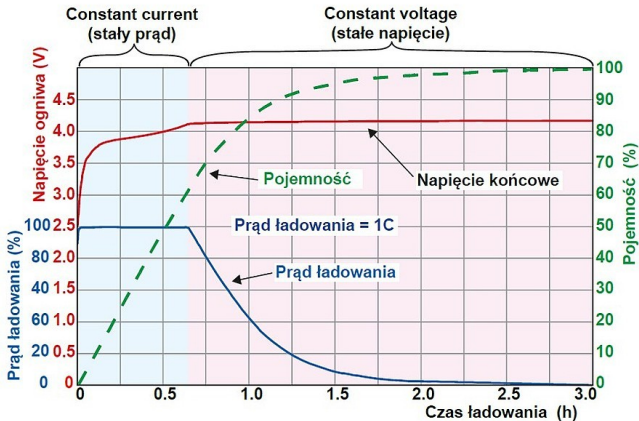
Niklowo-wodorkowe – NiMH

- katoda: $\text{NiO}(\text{OH})$, anoda: metale (V, Ti, Zr, Cr, Fe), elektrolit: KOH
- duża gęstość energii **120 W/h**, większa gęstość mocy
- napięcie na celę: 1,2 V, pojemność 2+ razy większa niż NiCd
- szybszy czas samorozładowania
- wystrzegać rozładowania poniżej 1,1 V
- brak efektu pamięci (ale jest leniwa bateria ♠)
- Eneloop i podobne – mniejsze samorozładowanie (aku z IKEA to prawdopodobnie Eneloop'y...)
- ładowanie: podobnie jak NiCd

Litowo-jonowe – Lilon

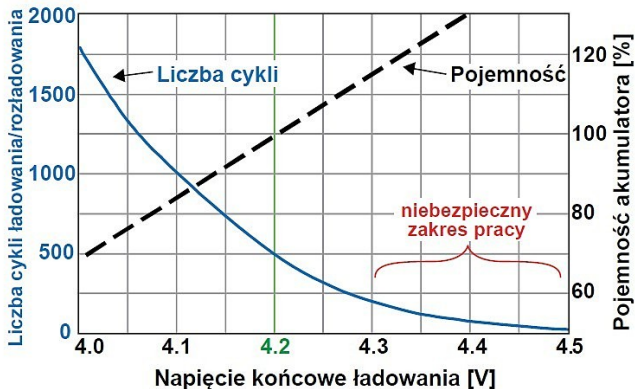
- katoda: związek litu (z Co, Mn, FePo_4), anoda: węgiel (C)
- gęstość energii **200 Wh/kg**, duża gęstość mocy
- napięcie na celę: $\approx 3,6\text{V}$ (3,2 dla LiFePo_4)
- duża żywotność (ok 1000 cykli)
- niskie samorozładowanie
- rozładowanie poniżej 2,4 V niszczy ogniwo
- brak efektu pamięci ALE
- najlepiej nie ładować do pełna, nie rozładowywać $< 70\%$ czyli „podładowywanie” telefonu lepsze niż zostawianie na noc
- ładowanie CC-CV (constant-current/constant-voltage) (im mniejszy prąd, tym lepiej, optimum to 0,18C, można 0,2–0,7 lub wg. producenta), do osiągnięcia 4,2 V a potem do spadki prądu ładowania do ok. 0,05C. Czyli najpierw stały prąd a napięcie będzie rosnąć, a potem utrzymujemy napięcie (4,2V) i „dobijamy” baterię, aż nie będzie przyjmować więcej prądu.
- przechowywanie: częściowo rozładowane (40%), poniżej 15°C

Lilon – przebieg ładowania



https://ep.com.pl/artykuly/10299-Akumulatory_litowe.html

Lilon – końcowe napięcie ładowania



https://ep.com.pl/artykuly/10299-Akumulatory_litowe.html

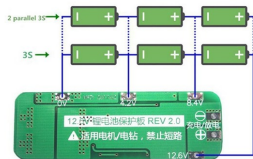
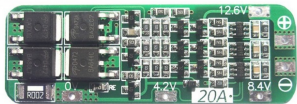
- płynny elektrolit z Lilon zastąpiony polimerem (solami litu)
- napięcie na celę typowo 3,7 V
- inne właściwości podobne
- mniej niebezpieczne (wyciek, rozpęcznie, zapłon)

LiPo – przykład



Napięcie znamionowe: 22,2 V, 6 ogniw LiPo ($6 \cdot 3,7 \text{ V} = 22,2 \text{ V}$).
pojemność: 10Ah, maks. prąd rozładowania 12C (stały) 24C (maks 10 sek.)
(a więc, odpowiednio 120 i 240 A!),

BMS – battery management system



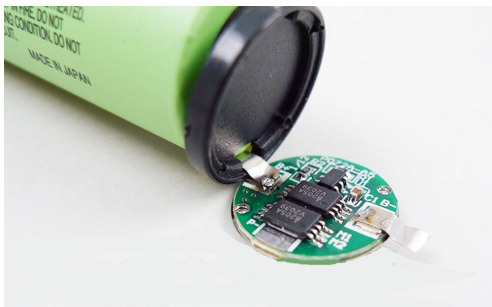
Zasilane urządzenie i ładowarka podłączane są do pól '+' i '-'.

Po pierwsze: chroni przed nadmiernym rozładowaniem (poniżej 2,4 V/ogniwo). Jeśli pomiędzy którąś parą (0-4,2), (4,2-8,4), (8,4-12,6) napięcie spadnie poniżej tego progu, napięcie na '+' '-' jest odcinane i dalsze rozładowanie pakietu jest wstrzymane.

Po drugie: *balansuje* (równoważy) naładowanie każdego ogniwa. Podczas ładowania dba, by każde ogniwo (grupa ogniów zaznaczona w pionie na rys.) była ładowana pod tym samym napięciem 4,2 V.

Na dolnym rysunku pokazano pakiet 2P3S – dwie równoległe (*parallel*) grupy ogniów po 3 połączone szeregowo (*series*) w każdej. Stąd jego napięcie znamionowe to $3 \cdot 3,7 \text{ V}$. ♠ Jak wyglądałby pakiet 4P2S? Jakiego miałby napięcie znamionowe?

Bateria typu 18650 – zabezpieczona



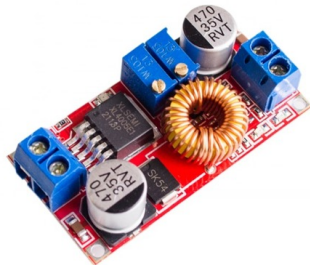
Układ elektroniczny realizuje to samo, co BMS, tylko dla pojedynczego ogniwa. (Nie mamy go w autkach, ale to i tak nie ma znaczenia...)

Ogniwo 18650 – 18 mm średnicy, 65 mm długości.

♠ Pobierz

<https://www.powerstream.com/p/INR18650-25R-datasheet.pdf>,
przeanalizuj wykresy ze stron 6, 7, 8, 9, 12.

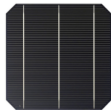
Proste ładowarki



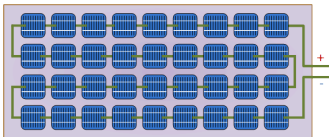
Panele słoneczne - składanka pojedynczych ogniw



Ogniwo polikrystaliczne



Ogniwo
monokrystaliczne



Pojedyncze nieobciążone ogniwo jest w stanie wytworzyć napięcie ok. 0,6 V, jego podłączenie obniża to napięcie do ok. 0,46 V. Napięcie to jest dość niezależne od oświetlenia. Natomiast prąd zależy zarówno od naświetlenia (liczby padających fotonów, a więc również powierzchni), jak i obciążenia. Aby uzyskać jakieś sensowne napięcia, łączy się ogniwa szeregowo (tj. '+' jednego do '-' drugiego) - co sumuje ich napięcia, oraz równolegole (tj. wszystkie '+' razem) - co powiększa ich wydajność prądową. Tak powstają *panele*.

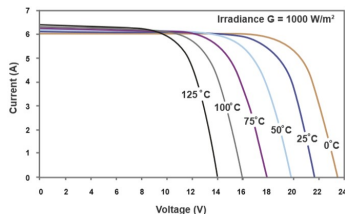
Panele słoneczne - kilka parametrów

Model Type	ALM-190D-24
Max. System Voltage	1000V
Max. Power Pmax[W]	190W
Short Circuit Current Isc[A]	5,70A
Open Circuit Voltage[V]	44,7V
Rated Current Impp[A]	5,29A
Rated Voltage Vmpp[V]	35,6V
Normal Operating Cell Temp(NOCT)	47st. C
Bypass Diode	3pcs 10A
Max. Series Fuse Rating	15A
Fire Resistance:	Class C
Module Application:	Class A
The Above specifications at standard test conditions (STC): E=1000W/m ² AM=1,5 T=25st. C	
All parameter tolerance -1%~+3%, Diode: Rating Current 11A, Rev Vbt: 40V, Surface Load Capacity: 60m/s(200kg/sq.m), For field connections, use minimum No. 12 AWG copper wires insulated for a minimum of 90 st. C	

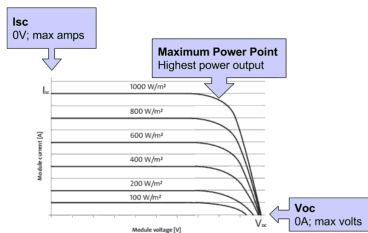
- V_{oc} - napięcie przy otwartym obwodzie, tj. jakie napięcie *niepodłączony* panel jest w stanie wytworzyć;
- I_{sc} - maksymalny prąd zwarcia - max prądu między '+' a '-' panela, czyli maksymalny prąd, jaki panel jest w stanie wyprodukować;
- V_{mpp} - napięcie maksymalnej wydajności (gdy. dostarczane jest max mocy)
- I_{mpp} - prąd maksymalnej wydajności (j.w.)
- P - moc maksymalna (= $V_{mp} \cdot I_{mp}$)
- $V_{(nom)}$ - napięcie nominalne - jest to nazwa *kategorii* paneli, np. „panel 12 V” ma $V_{mp} \sim 17V$, $V_{oc} \sim 24V$
(są też panele 20 V, 24 V... można to rozumieć jako „grupę sprzętu”, który będzie ze sobą działał (tak jak w aucie akumulator ma napięcie ~ 13 , 8 V, ale instalację i wszystkie podzespoły nazywa się „dwunastowoltowymi”)
- NOCT - normalna temperatura pracy (naświetlenie 800W/m², 20°C, wiatr 1 m/s, otwarty tył obudowy)
- SOC - standardowe warunki pracy (naświetlenie 1000W/m², 25°C) - parametry są podawane dla tych wartości (!)

Panele słoneczne - problemy

- 1 Parametry panelu zmieniają się w zależności od jego temperatury (im wyższa, tym niższe napięcie są w stanie wytworzyć: ok. 5% na każde 25 °C), nasłonecznienia (j.w.), kąta padania promieni...
- 2 Aby efektywnie ładować jakieś akumulatory, potrzebne jest ustalenie warunków ładowania: napięcia i prądu.
- 3 W tym celu stosuje się *kontrolery ładowania*, generalnie dwóch typów: MPPT (*maximal power point tracking*) i PWM (*pulse-width modulation*).



Dla różnych temperatur panelu krzywa prąd-napięcie jest różna.
<https://blog.epsolarpv.com>



Zacienienie narusza regularność krzywej I-V.
<https://www.altestore.com>

Kontroler PWM

Zasada działania jest prosta: dla konkretnego napięcia ładowania akumulatora V_{ch} , kontroler włącza/wyłącza (bardzo szybko) panel w obwód ładowania, dostarczając maksymalnego prądu, jaki panel jest w stanie podać przy napięciu V_{ch} .

Ponieważ $V_{ch} \neq V_{mpp}$, panel nie przekazuje całej mocy, jaką jest w stanie wytworzyć w danych warunkach: zmniejszenie naświetlenia lub zmiany temperatury powodują spadek wydajności prądowej (przy ustalonym napięciu), nawet do 0! Dlatego ładowanie PWM jest obarczone *dużymi stratami*.

42 zł:

30 A



Wejście panela (+/-), wyjście na akumulator, wyjście na odbiornik (zasilany z panela i aku, wyjście USB). Prosty timer (wł/wył).

Jest to jednak zdecydowanie prostsze w realizacji (tańsze) rozwiązanie z mniejszą liczbą elementów (niezawodność). Wygodne do małych systemów, gdzie wydajność nie jest najważniejsza (np. system podtrzymywania naładowania baterii – *trickle charging*). Ze względu na szybkie przełączanie może być źródłem zakłóceń elektromagnetycznych.

Kontroler MPPT

Zmienność krzywej I-V będzie powodować przesuwanie się punktu maksymalnej mocy, tj. takiego punktu na wykresie I-V, dla którego w danym momencie $I \cdot V$ jest największe. Działanie kontrolera MPPT polega na tym, żeby zmieniać napięcie panela i mierzyć oddawany w każdym punkcie prąd – poszukując miejsca, gdzie ich iloraz (a więc chwilowa moc oddawana) będzie największa. Maksymalizuje to wykorzystanie panela w danych warunkach temperatury i oświetlenia. Z drugiej strony (po stronie akumulatora), napięcie jest ustalone (bo mechanizm ładowania akumulatora jest znany), a moc przekazywana do niego jest kontrolowana prądem ładowania.

420 zł:



Dokładny opis z obrazkami: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/mppt-solar-charge-controllers>