

Turbina wiatrowa

a) Dobór generatora

Najczęściej budowę prądnicy do elektrowni wiatrowej w warunkach amatorskich poprzedza konieczność wyboru między dwoma zasadniczymi rozwiązaniami:

- prądnica tzw. pralkowiec - przerobiony silnik od pralki, lub silnik podobnego typu
- prądnica tzw. amerykanka (zrobić).

Są to rozwiązania dobre dla generatorów dużej mocy (kW) i wydajności

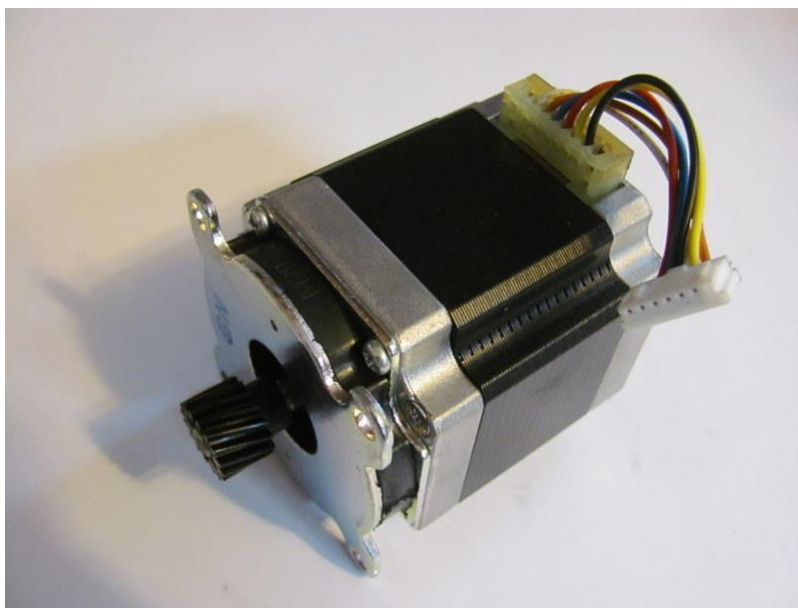
W tym przypadku jest potrzeba prądnicy która spełni następujące kryteria

- wolnobieżność aby uniknąć niepotrzebnych komplikacji mechanicznych (przekładnie)
- prądnica w którą nie trzeba będzie ingerować (np. przezwajanie)
- brak obsługi (np. wymiana szczotek)

Najlepszym wyborem okazało użycie silnika krokowego w dość nietypowej roli generatora. Silniki krokowe przekształcają impulsy elektryczne w ruchy mechaniczne. Każdy impuls podany na uzwojenia silnika powoduje obrót wirnika o niewielki kąt. W naszym przypadku każdy obrót wirnika wyindukuje w uzwojeniach stojana napięcie.

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none">- Silniki krokowe są przystosowane do wykonywania od ułamków obrotu na minutę do kilkuset obrotów na minutę dzięki czemu można zbudować prądnice wolnoobrotową co upraszcza mechanikę turbiny- Bezobsługowość (brak komutatora)	<ul style="list-style-type: none">- Niska sprawność (normalnie nie przewidziane do pracy generatorowej)- Wysoka jak na generator rezystancja uzwojeń stojana ($0,84\Omega$)

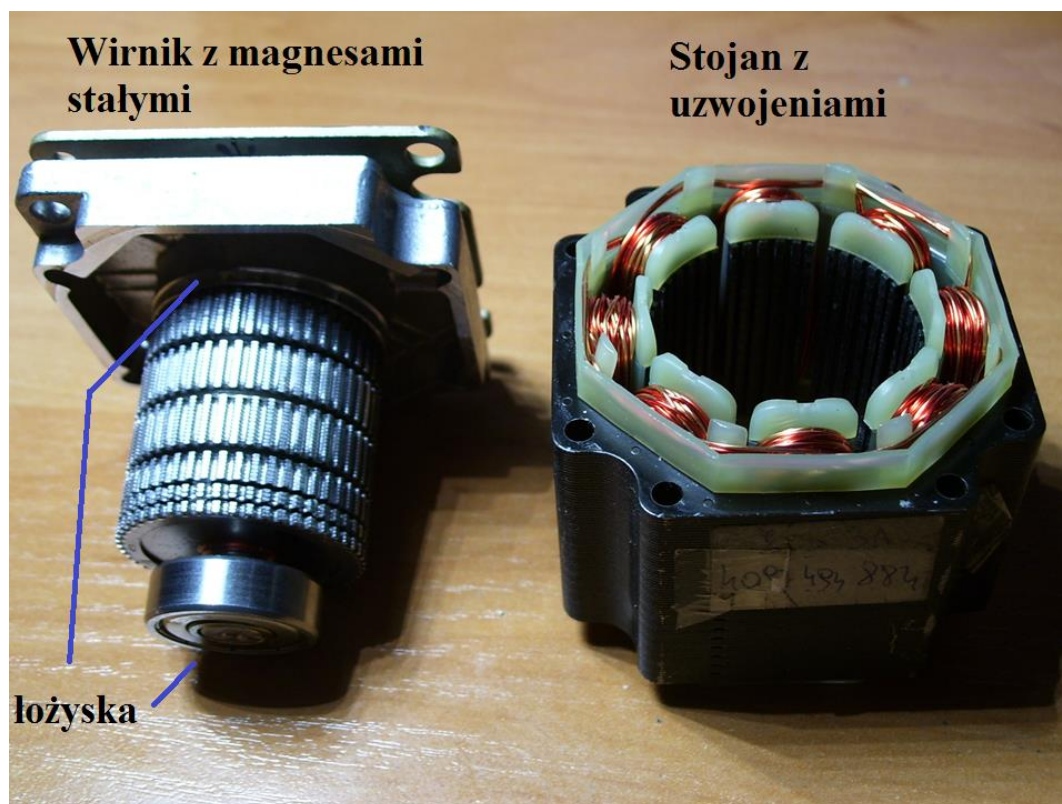
b) Dane techniczne i budowa silnika krokowego



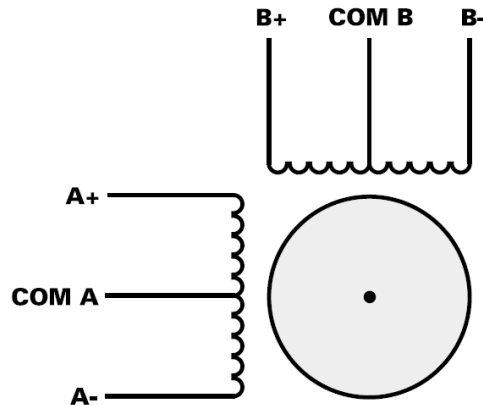
Dane techniczne

- prąd 2,5 A
- 1,8 step
- wyprowadzenie 6 prz.
- długość korpusu 53 mm
- szer/wys 56 mm
- długość całości 78 mm
- średnica osi 6 mm
- średnica zębátky 15 mm
- waga 0,72 kg

Zastosowany silnik 103H7123-0666 firmy SANYO DENKI



Budowa wewnętrzna silnika krokowego



Układ połączenia zastosowanego silnika krokowego 6-przewodowego

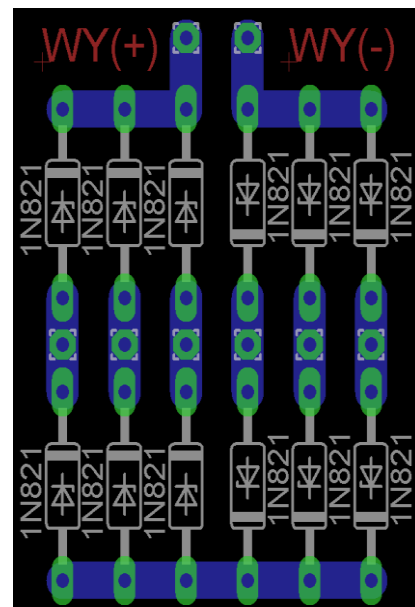
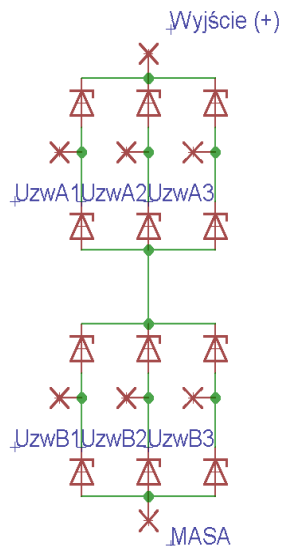
c) Układ prostujący

Jak widać powyżej silnik posiada sześć wyprowadzeń z dwóch uzwojeń. Napięcia na każdym z kolejnych wyprowadzeń przesunięte są względem siebie o taki sam kąt. Do wyprostowania napięcia zastosowano:

- Dwa trójfazowe mostki prostownicze połączone w szereg
- Zastosowane diody Schottkiego 1N5819 dla zaoszczędzenia strat mocy oraz niskiego spadku napięcia

Wybrane dane techniczne diody

1N5819: VRRM: 40V, IF(av): 1A, VF: ok. 0.43V @ 500mA

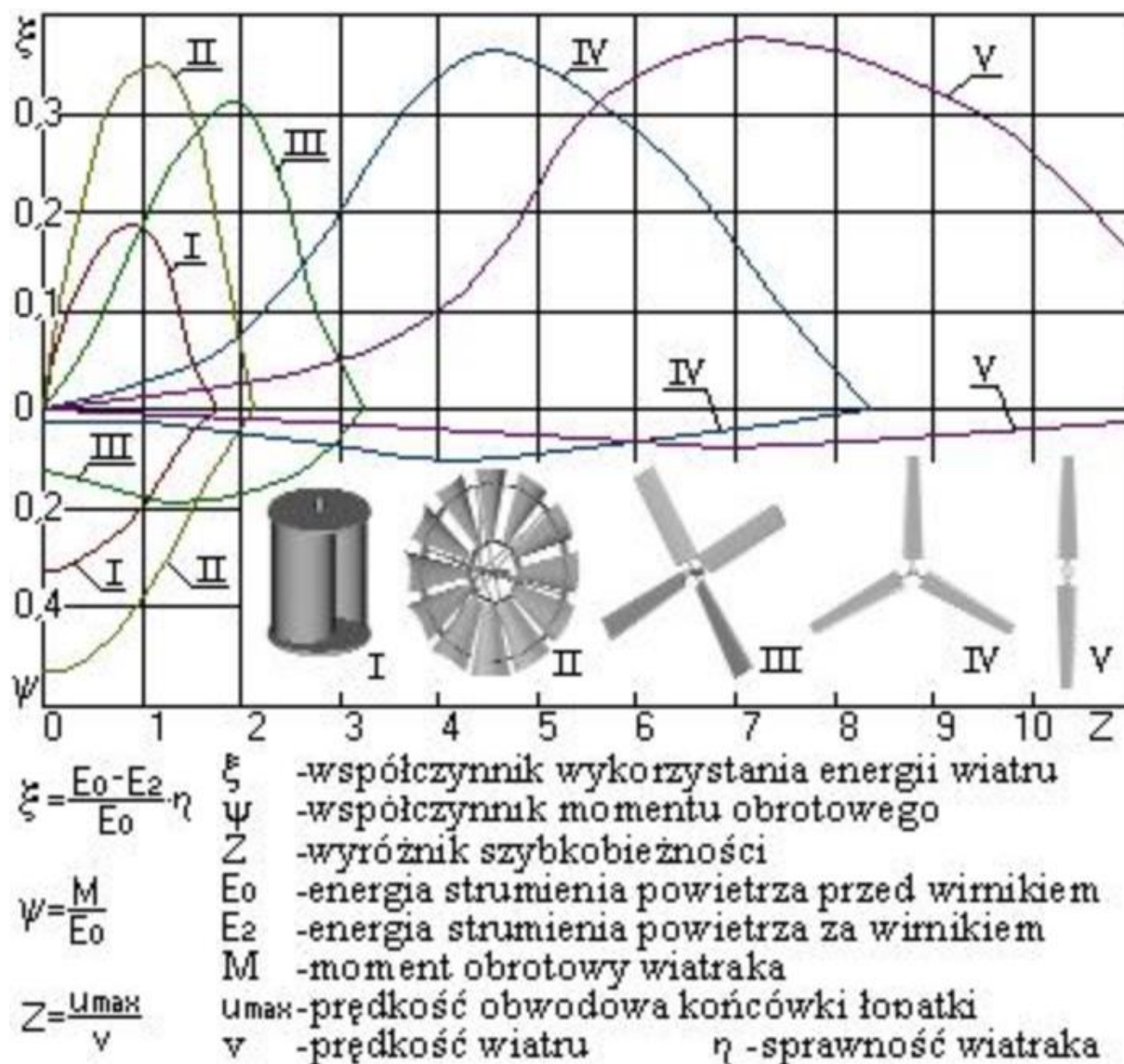


Układ mostków prostowniczych oraz PCB

d) Budowa:

Wiatraki wolnobieżne wyróżniają się od innych wiatraków tym że posiadają większą ilość łopatek. Zaletą dużej ilości łopat jest duży moment rozruchowy (co widać na Rys. 1.1

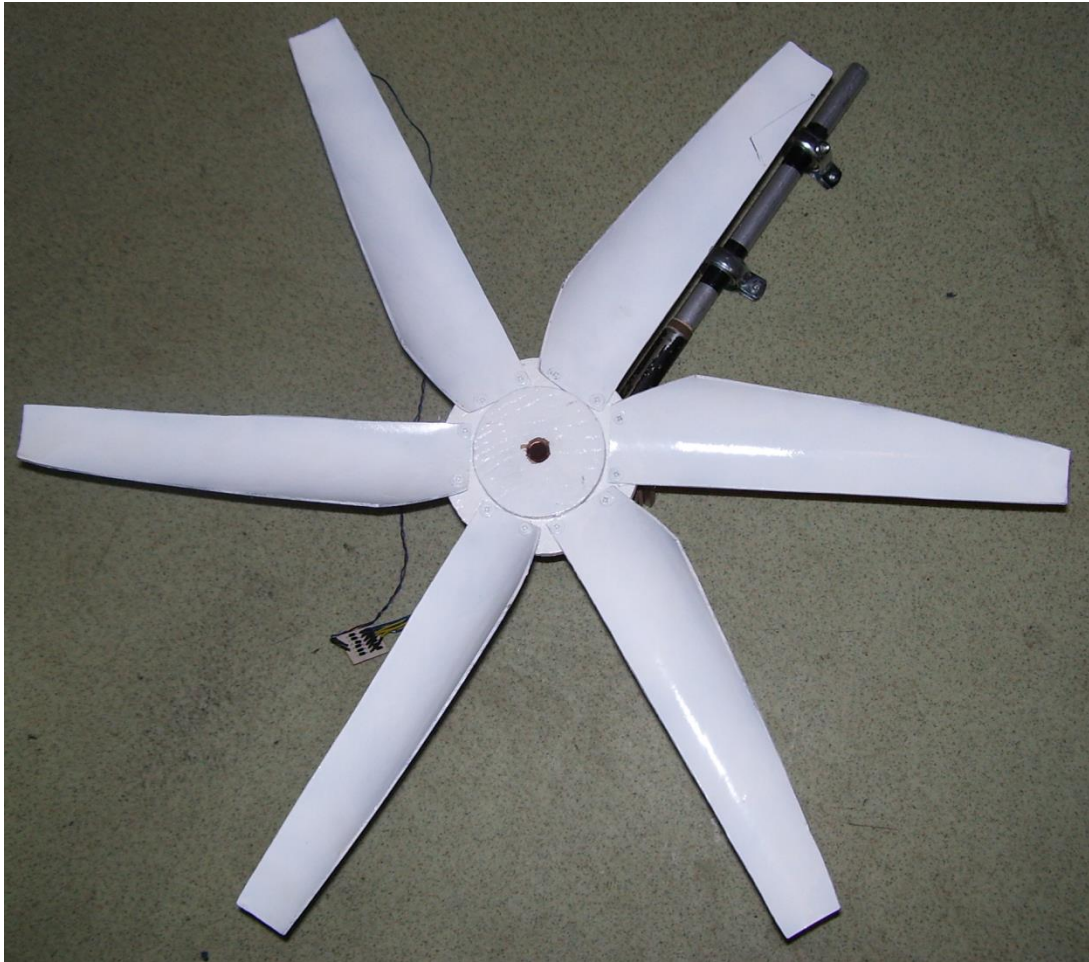
parametr Ψ) oraz niewielka prędkość obrotowa łopatek. Ze względu na dużą ilość łopat startują już przy nie wielkim wietrze (duża powierzchnia natarcia dla wiatru), natomiast słabo wykorzystują dużą prędkość wiatru co jest ich wadą (co widać na Rys. 1.1 parametr ξ). Ze względu na duży moment rozruchowy silniki te nadają się do napędu maszyn o znacznym momencie obrotowym.



Rys. 1.1 Krzywe dla różnych typów wirników

Jeśli na skutek wzrostu szybkości wiatru moment silnika wiatrowego się powiększy, to ten wzrost jego mocy ujawni się przede wszystkim w zwiększeniu się jego szybkości obrotowej. Ponieważ zaś w miarę zwiększania się szybkości obrotowej silnika jego moment obrotowy maleje, to silnik zwiększy swe szybkości obrotowe aż do zrównoważenia swego momentu obrotowego z momentem obciążeniowym.

Gdy natomiast z jakichkolwiek przyczyn zwiększy się moment obciążeniowy, albo też, co na jedno wychodzi, moment obrotowy silnika się zmniejszy, to silnik wiatrowy zmniejszy przede wszystkim swą szybkość obrotową. Ponieważ w miarę zmniejszania szybkości silnika jego moment obrotowy wzrasta, to silnik będzie zmniejszał szybkość obrotową, aż jego moment obrotowy zrównoważy się z momentem obciążeniowym.



Wielołopatowy wirnik turbiny wiatrowej

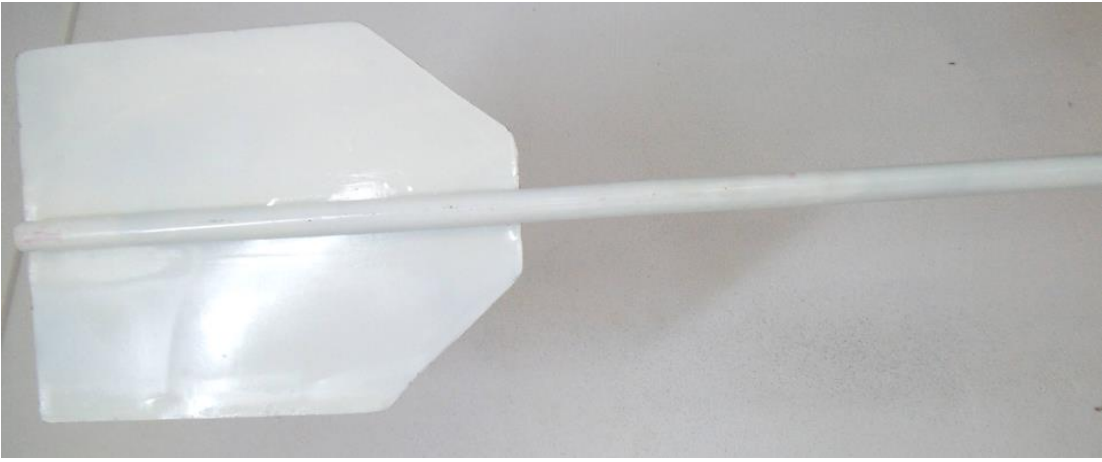
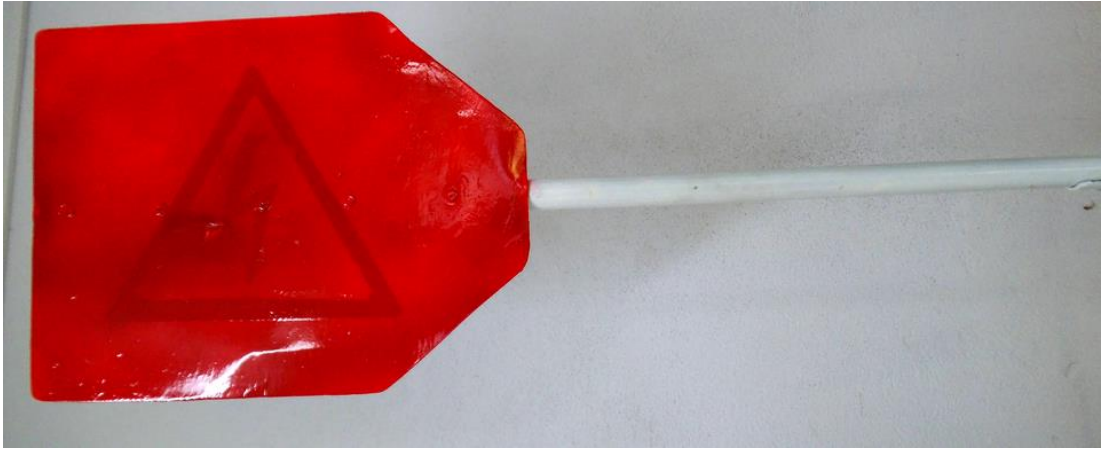
Można więc stwierdzić, że praca wielołopatkowego silnika wiatrowego z maszyną produkcyjną o stałym momencie obciążeniowym jest stateczna. Wielołopatkowy silnik wiatrowy nawet przeciążony będzie w dalszym ciągu pracował, zmniejszając tylko swą szybkość obrotową oraz współczynnik wykorzystania energii wiatru, czyli swą sprawność.

Łopaty wykonane są z rury PCV fi 100, długość łopaty to 32cm. PCV jest wrażliwe na promienie UV oraz ciepło dlatego całość została pokryta białym lakierem.

e) Ster tylny

Nastawianie koła wiatrowego pod wiatr dokonuje się sterem tylnym, wykonanym z blachy stalowej.

Przy wykonywaniu stery należało dobrać długość ramienia tak aby zrównoważyć ciężar śmigła



f) Sprzęgło

Osiowe parcie wiatru w wiatrowych silnikach wielołopatkowych jest największe podczas rozruchu i w miarę zwiększania szybkości obrotowej prędko maleje.

Aby nie przenosić nie potrzebnych sił parcia oraz sił poziomych na wirnik silnika zostały zastosowane dodatkowe dwa łożyska kulowe. Siły te mogły by spowodować uszkodzenie delikatnych łożysk silnika krokowego.



Widok sprzęgła śmigło – wirnik silnika

Zastosowane łożyska są średnicy wewnętrznej fi 15. Wał wykonany jest z rurki miedzianej fi 15 używanej w instalacjach wodociągowych. Łożyska oraz śmigło zostały wbite na wcisk.

Sprzęgło z węża ogrodowego doskonale przenosi moment obrotowy oraz eliminuje wszelkie drgania spowodowane niedoskonałością konstrukcji.

g) Łożyska

Zastosowane łożyska kulkowe przejmują siły promieniowe i osiowe, mogą być także stosowane przy dużych prędkościach obrotowych. Ponadto wykazują nieznaczne tarcie, mogą być wykonane z bardzo dużą dokładnością, oraz mogą być stosowane jako rozwiązania cichobieżne. Łożyska uszczelnione z obu stron są wypełnione zwykle smarem na bazie litu, który wykazuje dobre właściwości antykorozyjne i może być stosowany w przedziale temperatur od 30°C do +110°C. Łożyska są smarowane na cały okres ich trwałości i nie

wymagają dozoru.

Ilość smaru jest dostosowywana każdorazowo do wielkości łożyska i wypełnia w większości przypadków od 25 do 35% wolnej przestrzeni łożyska.

Łożyska z uszczelkami gumowymi o małym tarciu spełniają wymagania dobrego uszczelnienia przy minimum tarcia.

Łożyska zostały osadzone na uchwytych do rur o średnicy 1 cala.

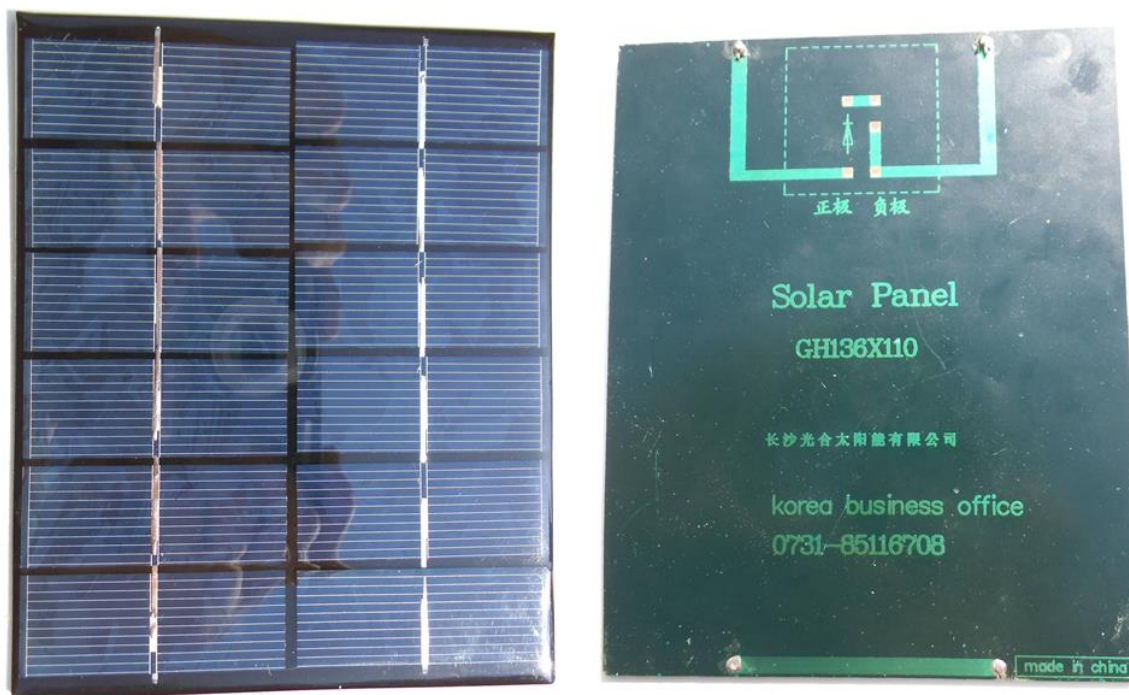
Zastosowane łożyska kulkowe

A) Lakierowanie



2. Ogniwo fotowoltaiczne

wymiary 136x110x3mm



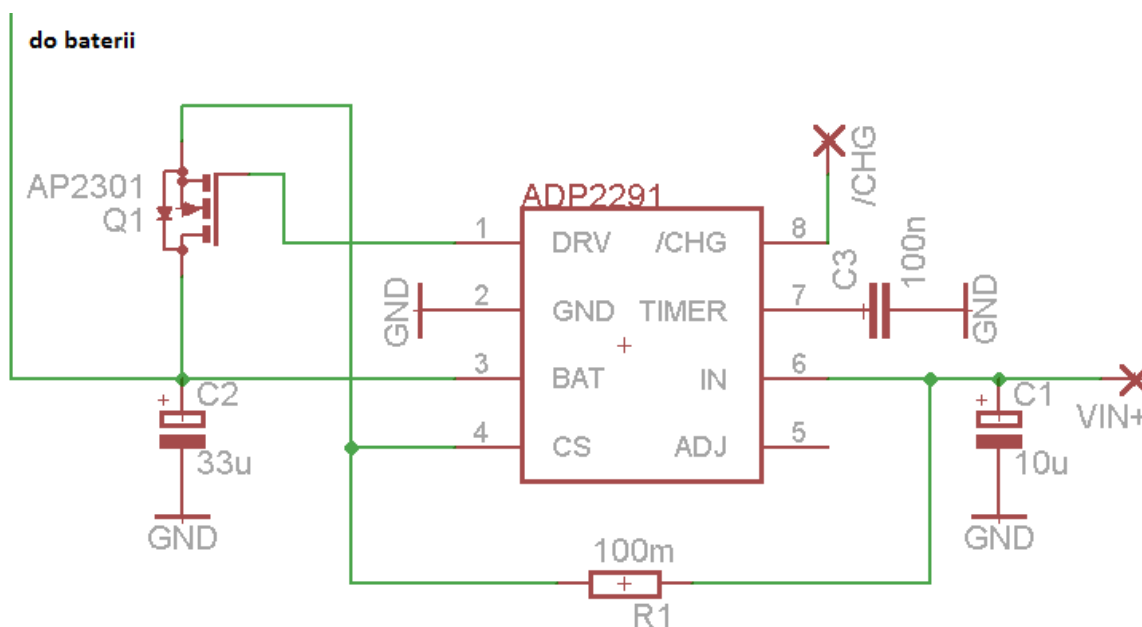
Przód i tył zastosowanego ogniwa

2. Układy elektroniczne (sekcja zasilania)

a) Układ ładowania akumulatora Li-Poly – ADP2291

Ładowanie akumulatora zostało oparte na układzie ADP2291 firmy Analog Devices. Układ dostępny jest w przyjaznej 8-nóżkowej obudowie MSOP. Algorytm oparty jest na metodzie ładowania stałym prądem/stałym napięciem. Może ładować maksymalnie jedno ogniwo na raz. Jest to ładowarka liniowa zaprojektowana specjalnie do urządzeń mobilnych oraz w aplikacjach wymagających dużej integracji elementów. Napięcia wejściowe są z zakresu 4.5V do 12V. Ładowarka posiada również sygnalizację ładowania (wyjście CHG/) ale nie jest używane w tej aplikacji.

W przypadku gdy ładowarka wykryje brak napięcia wejściowego prąd spoczynkowy pobierany z baterii jest poniżej 1uA

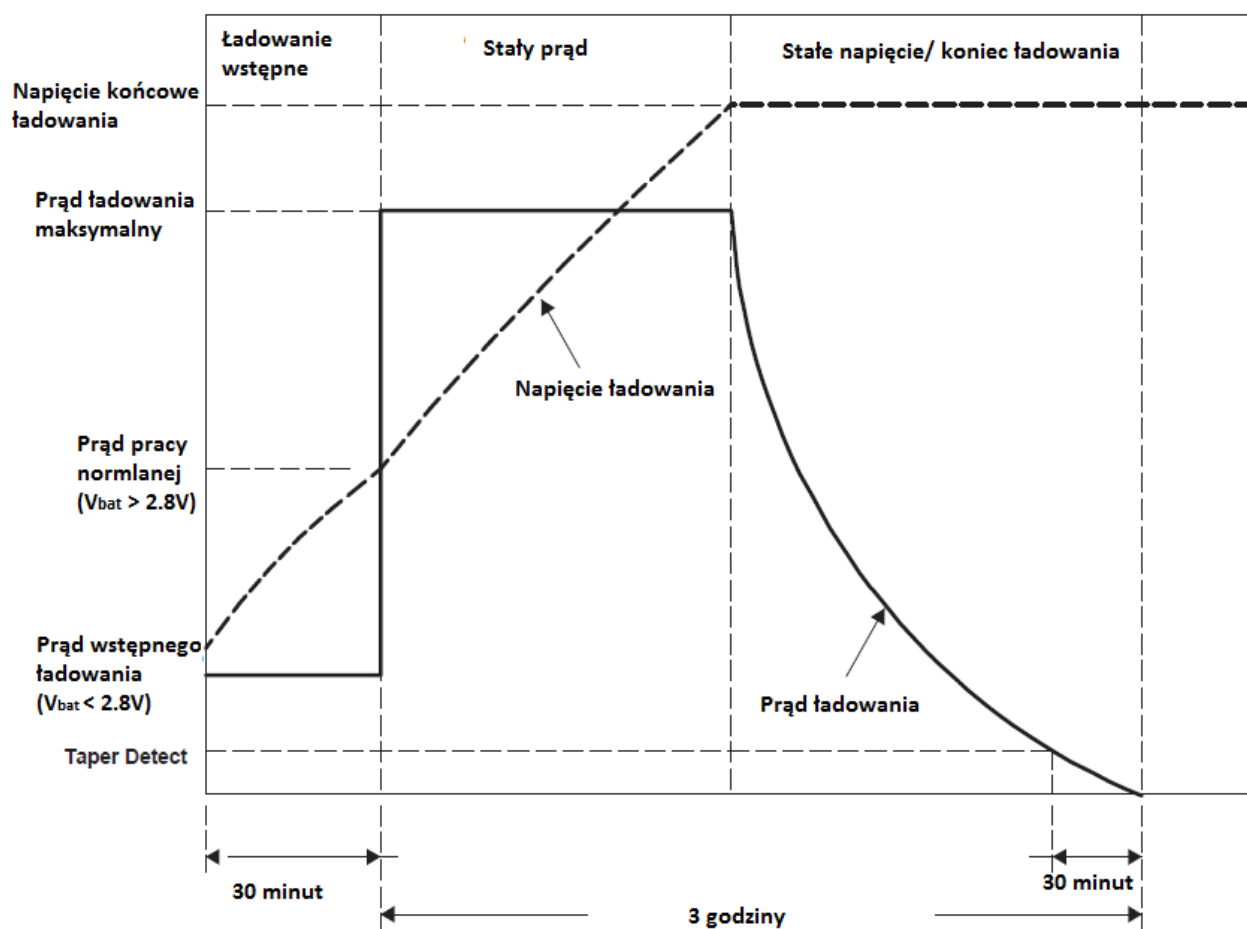


Schemat ideowy ładowarki

Aby zapewnić poprawne działanie ładowarka posiada wewnętrzny komparator podnapięciowy. Jeśli napięcie wejściowe spadnie poniżej 3.8V ładowarka wyłączy się. Jeśli napięcie to zostanie przekroczone układ AD2291 sprawdza różnicę napięć między baterią i napięciem wejściowym. Jeśli $U_{wy} \geq U_{bat} + 165mV$ ładowarka już rozpoczyna ładowanie.

Elementem wykonawczym jest tutaj tranzystor N-MOSFET AP2301. Tranzystor ten ma niskie $R_{DS(on)}$ (97mR) oraz otwiera się do pełna przy niskim VGS dzięki temu jest idealny do tej aplikacji. Niskie $R_{DS(on)}$ powoduje że straty na tranzystorze są minimalne oraz różnica napięć między wejściem a baterią nie musi być wysoka, co jest ważne gdyż jest to ładowarka liniowa.

Aby osiągnąć jak największą żywotność baterii oraz aby metoda ładowania była bezpieczna ładowania odbywa się w cyklach.



- ładowanie wstępne

Dla głęboko rozładowanych ogniw których napięcie wynosi $V_{bat} < 2,8V$ rozpoczyna się faza ładowania wstępnego. Zależnie od ustawienia rezystancji pinu ADJ jest ona różna ($ADJ=3V$ $I_{pre}=I_{max}/10$, $ADJ=1,5V$ $I_{pre}=I_{max}/5$). W naszym przypadku wynosi $I_{pre}=150mA$.

Jeśli napięcie baterii po 30 min. Nie osiągnie wartości powyżej 2.8V, ładowarka wchodzi w stan awaryjny co skutkuje przerwaniem ładowania. Może ono zostać wznowione po wyjęciu i ponownym włożeniu akumulatora.

- praca normalna

Podczas normalnej pracy ($V_{bat}>2,8V$) ogniwo ładowane jest prądem maksymalnym I_{max} . Akumulator będzie powoli zyskiwał pełną pojemność a wraz z nią prąd będzie spadał a napięcie naturalnie rośnie. Koniec pracy normalnej kończy się z chwilą osiągnięcia warunków końcowych.

- koniec ładowania

Jeśli prąd ładowania będzie mniejszy od $I_{max}/10$ oraz napięcie końcowe będzie wynosić $V_{bat}>4.1V$ ładowarka zakończy ładowanie.

Prąd maksymalny ustawiany jest wartością rezystora pomiarowego oraz napięciem na pinie ADJ. W tym przypadku pin ten jest rozarty i wewnętrznie podciągnięty do napięcia 3V. Dla takiego napięcia na tym pinie prąd maksymalny dany jest wzorem $I_{max} = 150mV/R_{sns}$. W tej aplikacji rezystor $R_{sns} = 100m\Omega$ zatem prąd maksymalny wynosi 1,5A.

Ustawienie maksymalnego czasu ładowania jest częścią mechanizmu bezpieczeństwa aby nie ładować akumulatora w nieskończoność. Jeśli akumulator nie może się naładować jest możliwość że jego sprawność spadła na tyle że cała energia dostarczana do ogniwa jest zamieniana na ciepło. To powoduje zagrożenie eksplozją ogniwa jeśli nie ma ono zabezpieczenia termicznego. Ogólnie rzecz biorąc ustawienie czasu ładowania na 3h jest wystarczające. Ale najlepiej jeśli producent ogniwa poda takie informacje. Maksymalny czas ładowania jest ustawiany za pomocą kondensatora którego wartość wynosi $C_{timer} = (T_{CHG} * 10 - 6) / 1800$

gdzie:

- T_{CHG} maksymalny czas ładowania w minutach
- C_{timer} – pojemność w μF

b) Układ nadzoru ogniwa DW01-P (PCM)

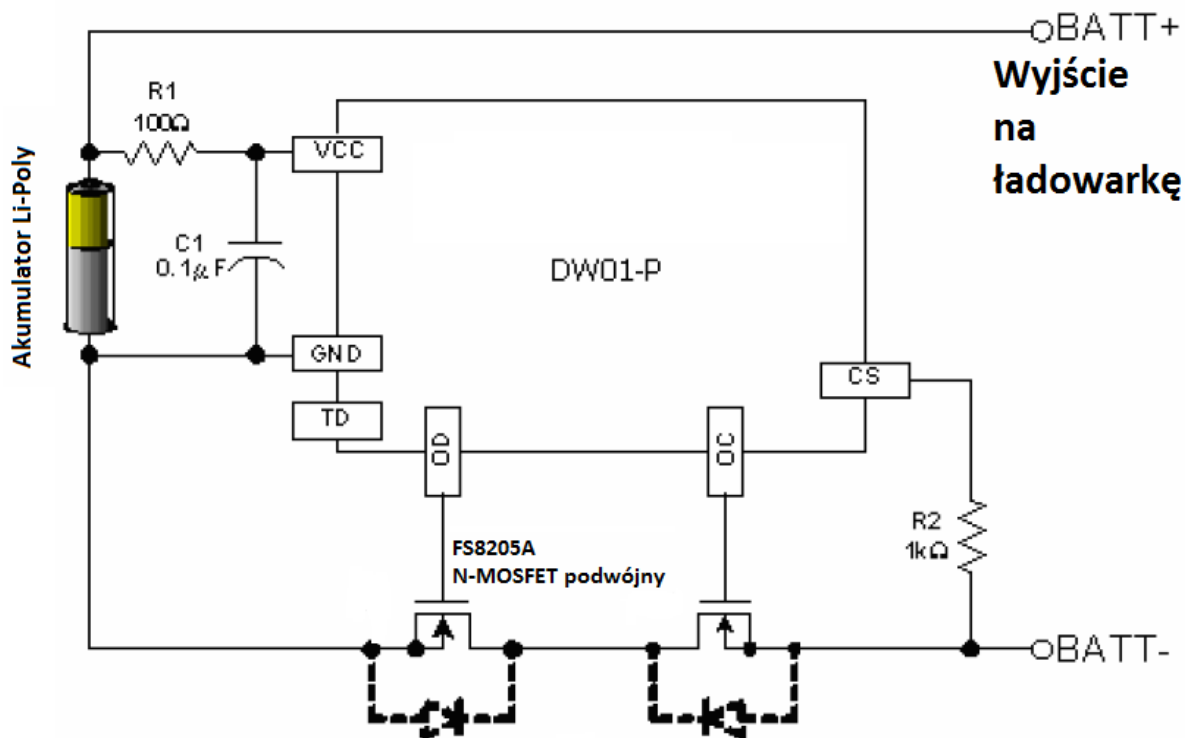
Układ DW01H jest zaprojektowany do zabezpieczenia ogniwa Li-Poly/Li-Ion przed zniszczeniem oraz zmniejszeniem jego żywotności poprzez pobieranie za dużego prądu czy nadmiernie naładowanie lub rozładowanie ogniwa. Układ dostępny jest w obudowie miniaturowej SOT-23-6, dzięki czemu znajduje swoje zastosowanie w aplikacjach gdzie jest ograniczona ilość wolnego miejsca. W tym przypadku układ PCM był dołączony do ogniwa przy jego zakupie.

Dla czytelnego opisu, wartości zabezpieczeń zostały przedstawione w poniższej tabeli:

Zabezpieczenie przed przeładowaniem (nadnapięciowe)	Załączenie zabezpieczenia	4,28V
	Zwolnienie zabezpieczenia	4,08V
	Opóźnienie	200ms
Zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem (podnapięciowe)	Załączenie zabezpieczenia	2,4V
	Zwolnienie zabezpieczenia	2,5V
	Prąd spoczynkowy ($V_{bat} = 2V$)	1,8 μA
	Opóźnienie	100ms
Zabezpieczenie nadprądowe	Napięcie pomiarowe $VOIP = 150mV$ co w tej aplikacji i dobranym mosfecie wynosi 2,5A (dyskusja niżej)	
	Opóźnienie	20ms
Prąd spoczynkowy podczas normalnego działania ($V_{bat} = 3,9V$)	2,5 μA	
Zabezpieczenie zwarciovowe	Napięcie pomiarowe $VOIP = 700mV$ co w tej aplikacji i dobranym mosfecie wynosi 14A	
	Opóźnienie	1ms



Schemat wewnętrzny układu DW01



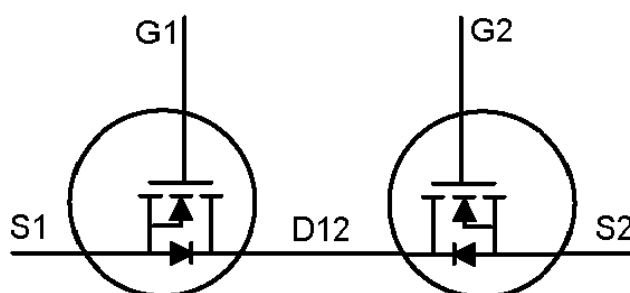
Schemat aplikacyjny układu DW01

- Zabezpieczenie naprądowe

Podczas pracy normalnej układ ciągle sprawdza napięcie na pinie CS. Jeśli napięcie to przekroczy odpowiednie napięcie bezpieczeństwa (VOIP) w czasie TOI1 układ wyłączy tranzystory MOSFET. Powrót do pracy normalnej jest jeśli rezystancja na wyjściu układu jest większa od 500kΩ).

Maksymalna wartość zabezpieczenia prądowego zależy zatem od rezystancji $R_{DS(on)}$ tranzystora N-MOSFET. Należy zwrócić uwagę rezystancja tranzystora N-mosfet zmienia się wraz z napięciem V_{gs} czy temperaturą. Napięcie V_{gs} w tym przypadku będzie różne w zależności od napięcia akumulatora czyli od ok. 3V do 4.2V.

Zostały tutaj zastosowane tranzystory FS8205A firmy Fortune. Są to właściwie 2 tranzystory w jednej obudowie z połączonymi drenami (patrz rys. poniżej). Układ dostępny jest w obudowie TSSOP-8.



Wewnętrznie połączone tranzystory N-Mosfet w kostce FS8205A

Przeznaczone są specjalnie do zastosowań niskonapięciowych. Dla $V_{GS}=2,5V$ $R_{DS(on)}=35m\Omega$, dla $V_{GS}=4,5V$ $R_{DS(on)}=25m\Omega$. Maksymalny prąd przewodzenia przy temperaturze 25°C wynosi 6A.

Znając już $R_{DS(on)}$ tranzystorów można obliczyć że maksymalny prąd zabezpieczenia będzie wynosić $I_{max}=VOIP/(2 \cdot R_{DS(on)})=0,15/(2 \cdot 30m)=2,5A$ dla $V_{bat} \approx 3,5V$

c) Pomiar prądu oraz napięcia ładowania

Układ pomiaru prądu został oparty na kostce MAX4070 firmy Maxim Integrated. Jest to wzmacniacz pomiarowy typu high-side, dwukierunkowy.

Przeciwnie niż we wzmacniaczu różnicowym, w którym wzmocnienie z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego zależy od rezystorów zewnętrznych podłączonych do wejścia odwracającego i wyjścia, we wzmacniaczu pomiarowym stosuje się wewnętrzną sieć rezystorów sprzężenia zwrotnego. Sygnał wejściowy podłącza się do dwóch wejść różnicowych, a wzmocnienie jest ustalone za pomocą odpowiedniego.....

Układ posiada wewnętrzne napięcie referencyjne 2.5V. Rezystor pomiarowy to 100m. Spadek napięcia wywołany przepływającym prądem jest wzmacniany 100x i dodawany do napięcia odniesienia.

ZASILANIE REV. v1.15

10/2014

KWIECIŃSKI

