

WindZilla



Dokumentacja techniczna

Nikodem Pustelnik

Michał Łazarz

Zespół Szkół Elektryczno-Mechanicznych w Nowym Sącz



Spis treści

- I. Czym jest WindZilla?**
- II. Cele i założenia projektu**
- III. Schemat przemiany energii**
- IV. Wstępna wizja projektu**
- V. Szczytowo-pompowy magazyn energii**
- VI. Rama**
- VII. Turbina wiatrowa**
- VIII. Przekładnia**
- IX. Pompa**
- X. Turbina Peltona**
- XI. Generator**
- XII. Zalety**
- XIII. Perspektywa wdrożenia**
- XIV. Innowacyjność**
- XV. Opinia**
- XVI. Bibliografia**



I. Czym jest WindZilla?

WindZilla to nowatorski projekt charakteryzujący się niekonwencjonalnym podejściem do tematu przetwarzania oraz magazynowania energii wiatrowej, założeniem projektu jest aby nasze urządzenie było jak najbardziej wydajne, ekologiczne i użyteczne dla potencjalnego użytkownika. Efektem naszej pracy jest system, który w optymalny oraz niezwykle przyjazny dla środowiska sposób magazynuje energię wiatrową w postaci energii potencjalnej ciężaru cieczy roboczej, która następnie uwalniana jest w dowolnym momencie i przetwarzana na energię elektryczną.



II. Cele i założenia projektu

Nasz pomysł polega na połączeniu działania elektrowni szczytowo-pompowej oraz turbiny wiatrowej, jednak w formie przydomowego urządzenia przetwarzającego i magazynującego energię za pomocą energii potencjalnej cieczy.

Turbina wiatrowa jest sprzężona mechanicznie z pompą która wypompowuje wodę z zbiornika dolnego do zbiornika górnego, energia jest uwalniana w dowolnym momencie przez użytkownika, poprzez zrzut wody na turbinę wodną, która na wyjściu daje energię elektryczną.

„WindZilla” to projekt o charakterze wynalazczo-biznesowym. Nasz pomysł jest na etapie projektowania oraz budowy prototypu pokazowego. Nasze pierwsze urządzenie ma na celu pokazać zasadę działania oraz przyciągnąć potencjalnych inwestorów.

Wykorzystujemy pionową turbinę wiatrową ze względu na jej charakterystykę która umożliwia działanie przy niższych prędkościach wiatru oraz prostotę działania. Oś turbiny jest sprzężona z wałem korbowym poprzez przekładnię łańcuchową o przełożeniu 4:1 dzięki temu 4-krotnie zwiększony zostaje moment obrotowy co umożliwia sprawne działanie pompy tych rozmiarów.

Używamy pompy tłokowej w celu zachowania wysokiej sprawności niezależnie od prędkości obrotowej turbiny wiatrowej. Woda jest uwalniana z górnego zbiornika poprzez ręczny zawór kulowy, następnie spada na turbinę Peltona wydrukowaną przez nas w technologii druku 3D. Turbina Peltona sprzężona jest bezpośrednio z silnikiem BLDC działającym w cyklu pracy generatorowej.

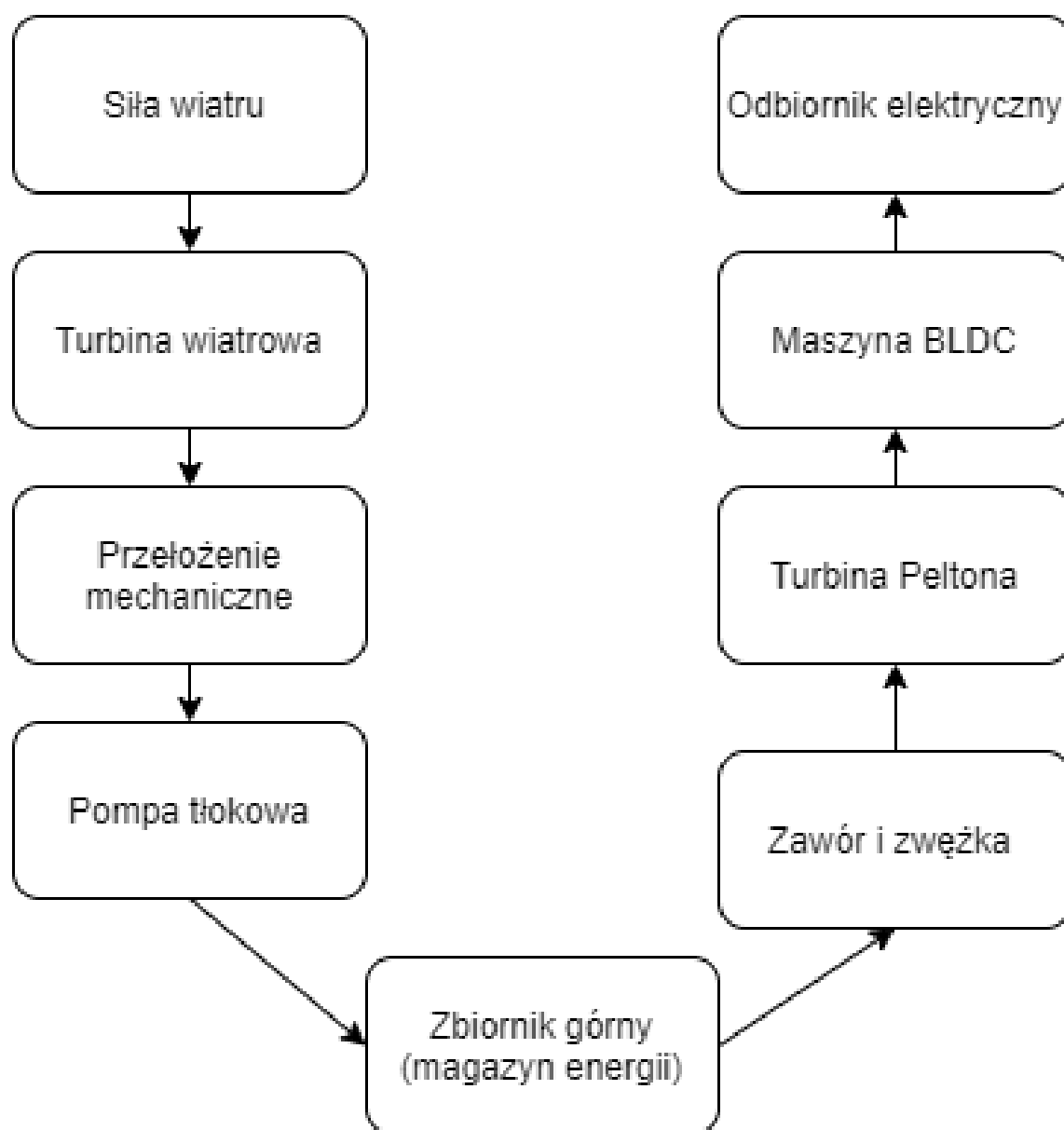


Nasze urządzenie z założenia ma być jedynie wersją typowo pokazową, gdzie nie nastawiamy się na uzyskanie wysokiej sprawności a raczej na pokazanie zasady działania. Wersja finalna wymaga szeregu optymalizacji dla skutecznego działania. Nasza wizja zakłada budowę urządzenia będącego w stanie zapewnić zasilanie dla statystycznego gospodarstwa domowego przy średnich warunkach wiatrowych. Takie urządzenie miało by być wyposażone w szereg usprawnień takich jak m. in. inteligentny regulator mocy który stopniowo przełączał by instalacje z zasilania sieciowego na zasilanie z generatora na podstawie danych o poborze mocy, które zostałyby wykorzystane do odpowiedniegoysterowania przepływu cieczy.

Z naszych założeń wynika że wersja finalna systemu byłaby w stanie osiągnąć sprawność powyżej 85%, pomijając sprawność samej turbiny wiatrowej która oscyluje w okolicach 40%. Należy jednak pamiętać, że energia w tym przypadku jest zmagazynowana i mamy do niej dostęp niezależnie od warunków wiatrowych.



III. Schemat przemiany energii



IV. Wstępna wizja projektu

Zanim przystąpiliśmy do prac, zaprojektowaliśmy całe urządzenie za pomocą oprogramowania CAD, następnie stworzyliśmy model trójwymiarowy, dzięki czemu mogliśmy już wcześniej przewidzieć niektóre problemy konstrukcyjne. Poniżej zamieszczamy render urządzenia. Jako, że chcieliśmy zachować przejrzystość nie wszystkie elementy zostały ukazane na modelu, natomiast niektóre elementy zostały zmienione w fizycznej wersji urządzenia z powodu różnego rodzaju problemów wynikających na etapie konstruowania.



Model projektu

V. Szczytowo-pompowy magazyn energii

Elastyczny, dynamiczny, wydajny i ekologiczny sposób magazynowania i dostarczania dużych ilości energii elektrycznej, jakim są elektrownie szczytowo-pompowe, które przechowują i wytwarzają energię poprzez przemieszczanie wody między dwoma zbiornikami na różnych wysokościach.

W okresach niskiego zapotrzebowania na energię elektryczną, np. w nocy lub w weekendy, nadmiar energii jest wykorzystywany do pompowania wody do górnego zbiornika. Turbina działa jak pompa, przenosząc wodę z powrotem do górnego zbiornika. W okresach dużego zapotrzebowania na energię elektryczną zmagazynowana woda jest odprowadzana przez turbinę.

Elektrownia szczytowo-pompowa działa podobnie jak konwencjonalna elektrownia wodna, z wyjątkiem tego, że ta sama woda może być używana wielokrotnie. Energia wodna nie zużywa paliwa do produkcji energii elektrycznej, dzięki czemu koszty eksploatacji są bardzo niskie.

Magazynowanie szczytowo-pompowe jest obecnie jedyną technologią energetyczną zdolną do magazynowania energii elektrycznej na dużą skalę oraz w opłacalny i zrównoważony sposób, zapewniając jednocześnie elastyczne dostawy do sieci z dużym udziałem zmiennych odnawialnych źródeł energii. W związku z tym przewiduje się, że suma ich mocy wzrośnie do 700 GW do 2050 r. co doprowadzi do znacznego wzrostu udziału elektrowni szczytowo-pompowych w ogólnej produkcji energii.

W naszym projekcie stworzyliśmy zminimalizowaną wersję magazynu szczytowo-pompowego i łączymy wszystkie jego zalety w kompaktowych rozmiarach, samo zastosowanie takiego rozwiązania w warunkach przydomowych jest innowacyjne.





Gotowe urządzenie



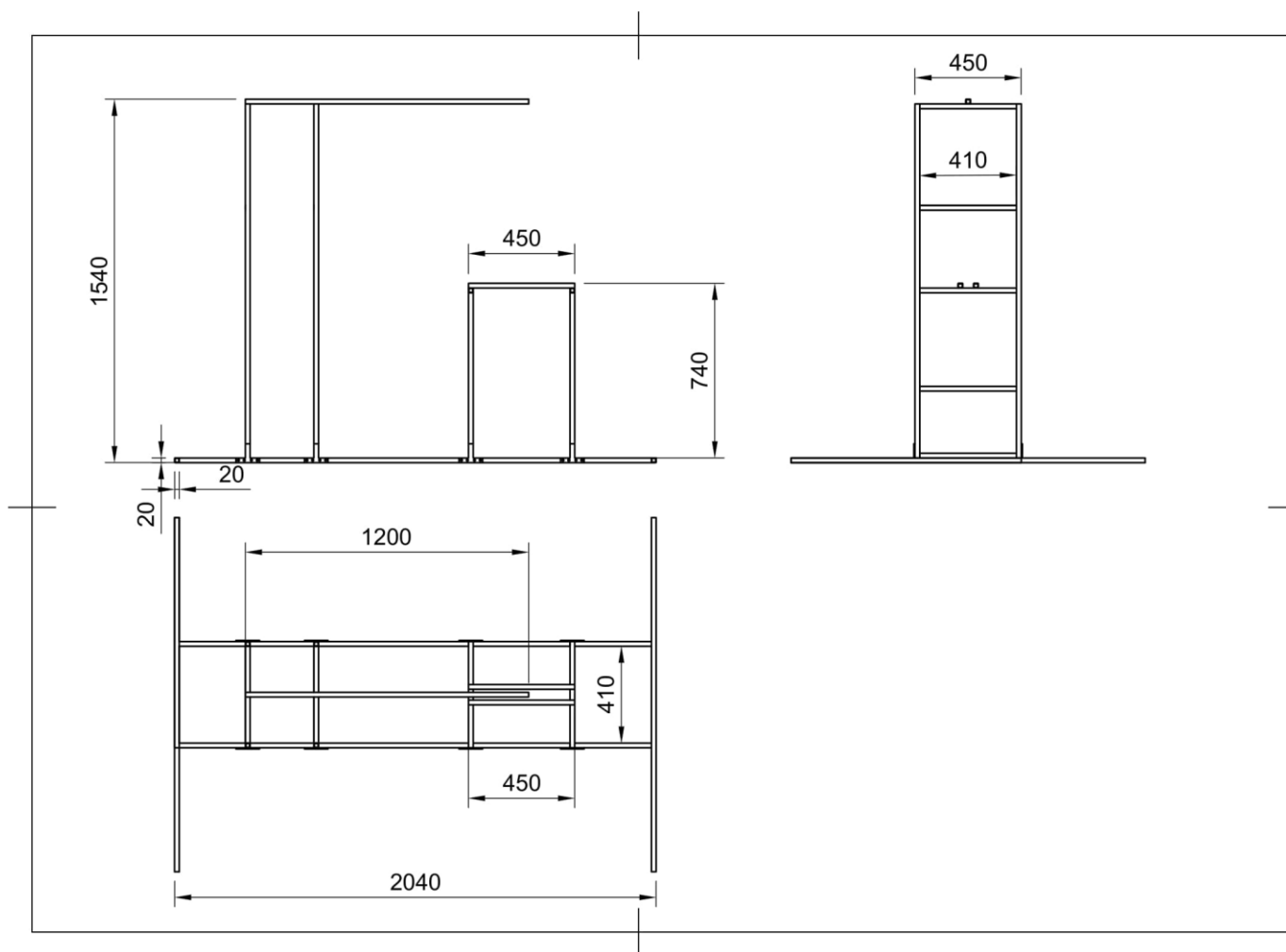
Dolny zbiornik



Górny zbiornik

VI. Rama

Rama urządzenia została wykonana z profili stalowych o grubości ścianki 2mm oraz 2,5 mm. Następnie cała została pomalowana na kolory kojarzące się z ekologią nawiązując do kategorii naszego pomysłu.



Rzut prostokątny ramy urządzenia (jednostka mm)

VII. Turbina wiatrowa

Urządzenie zamieniające energię kinetyczną wiatru na pracę mechaniczną w postaci ruchu obrotowego wirnika. Mylnie nazywana elektrownią wiatrową – turbina wiatrowa stanowi zasadniczy element elektrowni wiatrowej. Każda turbina wiatrowa zaopatrzona jest w wirnik, składający się z łopat i piasty umieszczonej na przedniej części gondoli ustawionej na wiatr.

Zastosowaliśmy turbinę wiatrową o osi wertykalnej, działa on na zasadzie różnicy oporu aerodynamicznego, jedna strona łopatek turbiny stawia większy opór podczas gdy druga jest bardziej opływowa. takie rozwiązanie umożliwia działanie przy niższych prędkościach wiatru oraz uzyskanie większego momentu obrotowego.

Zależało nam na wysokim momencie obrotowym, z tego powodu dostosowaliśmy parametry które są skorelowane z tą zmienną. Jako że moment jest wprost proporcjonalny do ramienia (r), nasza turbina ma promień równy 500mm. Aby zwiększyć siłę (F) należało zastosować łopatki o dużej powierzchni dzięki czemu stawiały one większy opór aerodynamiczny dla napływających cząsteczek powietrza, nie mogliśmy sobie jednak pozwolić żeby były zbyt duże aby urządzenie zachowało kompaktowe rozmiary.

Łopatki turbiny zostały zrobione z przedzielonych na pół rur PCV o średnicy 100mm, które połączyliśmy profilami stalowymi oraz odpowiednim elementem montażowym zbudowanym z płyty stalowej. Oś wiatraka zrobiona jest z rury stalowej 17 mm która zamocowana jest w dwóch łożyskach kulkowych.



Moc turbiny wiatrowej jest określana następującym wzorem:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_m \cdot C_p$$

i zależy od następujących wielkości:

ρ [kg/m³] - gęstości powietrza – wielkości założonej dla danych warunków atmosferycznych: temperatury i wysokości (w tym przykładzie: $\rho = 1,22$ [kg/m³]),

v [m/s] - prędkości wiatru [m/s],

A [m²] - przekroju poprzecznego strumienia wiatru [m²], obliczonego za pomocą wzoru: $A = (\pi \cdot D^2)/4$, gdzie D – jest średnicą okręgu omiatanego przez łopaty.

η - sprawności mechanicznej przekładni, wirnika i urządzeń pomocniczych

C_p - współczynnika wykorzystania energii wiatru

Tak więc, duży rozstaw łopatek turbiny jest jak najbardziej uzasadniony, ponieważ w ten sposób zwiększamy jej moc dla takich samych warunków.

Turbina wiatrowa o osi pionowej (VAWT) ma skrzydła zamontowane na górze głównej konstrukcji wału, a nie z przodu. Używana jest rzadziej niż poziome turbiny, VAWT są bardziej praktyczne na obszarach mieszkalnych.

Turbiny mają mniej części niż te, które ustawiają mechanizm obrotowy i łopatki poziomo. Oznacza to mniej elementów, które ulegają zużyciu i zepsuciu. Również siła nośna wieży nie musi być tak duża. Części do kontrolowania pochyleń i odchylenia nie są potrzebne.

Turbina nie musi być skierowana we właściwym kierunku wiatru. W układzie pionowym powietrze przepływające z dowolnego kierunku lub prędkości może obracać łopatki. Dlatego system może być używany do generowania energii podczas porywistych jak i stabilnych wiatrów.



Zalety VAWT :

- Mniejsze koszty produkcji niż turbiny o osi poziomej.
- Łatwiejszy montaż w porównaniu z innymi typami turbin wiatrowych.
- Możliwość przenoszenia z jednego miejsca do drugiego.
- Wyposażenie w wolnoobrotowe skrzydła, zmniejszające zagrożenie dla ludzi i ptaków.
- Działa w ekstremalnych warunkach pogodowych, przy zmiennych wiatrach.

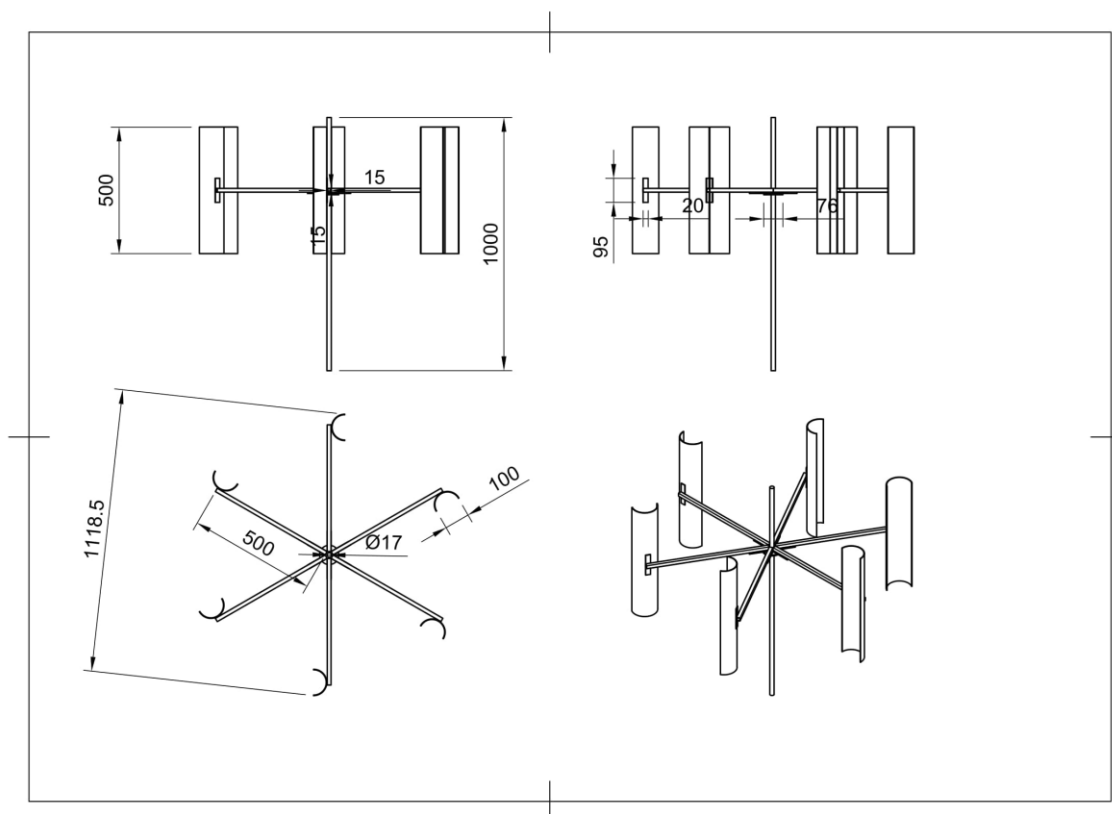
Turbiny wiatrowe o osi pionowej są bardziej przystosowane do instalowania w gęściej zaludnionych miejscach. Znacznie mniejsze niż modele poziome, można je łączyć w zestawy, które powodują turbulencje między turbinami, co pomaga zwiększyć przepływ wokół nich dlatego wiatr przyspiesza wokół każdego, zwiększając wytwarzaną moc. Nisko położony środek ciężkości sprawia również, że modele te są bardziej stabilne.



Turbina wiatrowa



Turbina wiatrowa z góry



Rzut prostokątny turbiny wiatrowej (wymiary w mm)

VIII. Przekładnia

W celu zwiększenia momentu obrotowego zastosowaliśmy przekładnię łańcuchową o przełożeniu 4:1 co oznacza 4-krotnie zwiększony moment obrotowy, przy czym 4-krotnie zmniejszamy prędkość obrotową.

Charakterystyka naszej pompy wymagała takiego zabiegu, gdyby moment nie został zwiększony układ potrzebował by znacznej siły wiatru do rozruchu.

Zastosowaliśmy łańcuch rowerowy o skoku 0,5 cala oraz komplementarne do niego koła zębate, większe z 32 zębami a mniejsze z 8. Mniejsza zębátka została przez nas ręcznie wycięta z płyty stalowej, w obu zębátkach zeszlifowaliśmy zęby w taki sposób aby umożliwić jej działanie w osi wertykalnej.

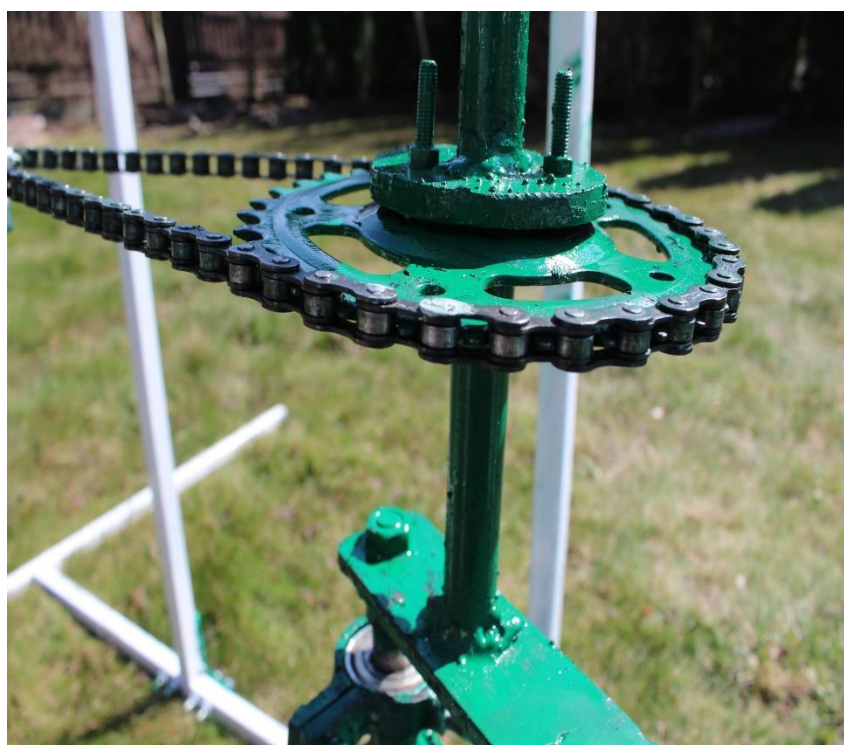
Zdajemy sobie sprawę z relatywnie niskiej sprawności takiej przekładni jednak ze względów finansowych nie byliśmy w stanie zastosować klasycznej przekładni zębatej.



Przekładnia



Wal korbowy



Duże koło zębate

XI. Pompa

Stworzyliśmy własną pompę tłokową która złożona jest z dwóch tłoków przesuniętych w fazie o 180 stopni dzięki czemu zapewniała stałe obciążenie niezależnie od cyklu tłoka. Podczas testów okazało się, że była zbyt dużym obciążeniem dla turbiny wiatrowej, z tego powodu zrezygnowaliśmy z niej na rzecz gotowej pompy ręcznej która zaadoptowaliśmy do naszego projektu.

Budowa pompy była problematyczna ze względu na trudność związaną z dobraniem odpowiednich elementów tłoczących, a wykonanie ich z należytą dokładnością w warunkach domowych graniczyło z cudem, więc w tym celu użyliśmy strzykawek, było to jednak nie wydajne rozwiązanie gdyż stawiały one znaczny opór nawet przy pracy na “sucho”. Z tego powodu zdecydowaliśmy się użyć gotowego rozwiązania.

Pompa tłokowa w przypadku naszego projektu była jedynym właściwym wyborem, ponieważ zachowuje ona stałą wysoką sprawność niezależnie od obrotów, natomiast pompa odśrodkowa pomimo wyższej sprawności uzyskuje ją w ściśle określonych warunkach i przy relatywnie wysokich obrotach które są nieosiągalne dla turbiny wiatrowej, jedyną opcją była by tutaj multiplikacja obrotów co jednak skutkowałoby zmniejszeniem sprawności poprzez straty przekładni oraz zwiększeniem momentu rozruchowego, co w przypadku turbiny wiatrowej jest niedopuszczalne.



Pompa tłokowa

X. Turbina Peltona

W roku 1880, Amerykanin Lester Allan Pelton wynalazł turbinę natryskową, która została nazwana turbiną Peltona. Najczęściej jest ona połączona z generatorem, dzięki czemu w łatwy sposób energia kinetyczna wody zamieniana jest na energię elektryczną. Ze względu na swoją prostotę jest najczęściej używaną turbiną na świecie i preferowaną turbiną do hydroenergii. W turbinie wokół krawędzi koła przymocowane są łopatki. Łopatką najczęściej jest odlewana jako jeden solidny element co jest potrzebne aby uniknąć uszkodzeń mechanicznych. W każdej łopatkce występuje rozdzielacz, który dzieli łopatkę na dwie równe części. Kiedy strumień wody uderza w łopatkę dokładnie pod kątem 90 stopni, zostaje rozdzielony na dwa równe strumienie zmieniając kierunek przepływu wody o prawie 180 stopni dzięki czemu koło przechwytuje prawie 100% energii wody. Strumień wody potrafi osiągnąć prędkość do 165 m/s, co skutkuje bardzo dużą prędkością obrotową koła, a samo koło turbiny może pracować z prędkością około 3000 obrotów/minutę. Ogromną zaletą turbiny Peltona jest to, że może być ona używana zarówno pionowo jak i poziomo. Zaprojektowaliśmy turbinę Peltona w środowisku CAD oraz wykonaliśmy ją w technologii druku 3D z trwałego materiału ABS. Naostrzyliśmy odpowiednio łopatki turbiny dla zmaksymalizowania jej wydajności.



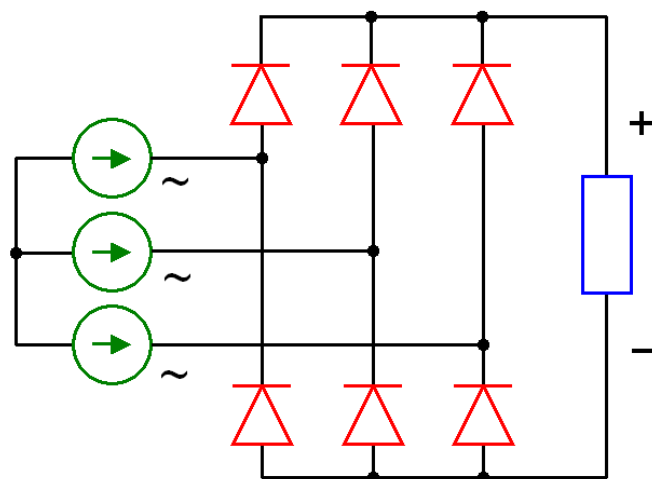
Turbina Peltona

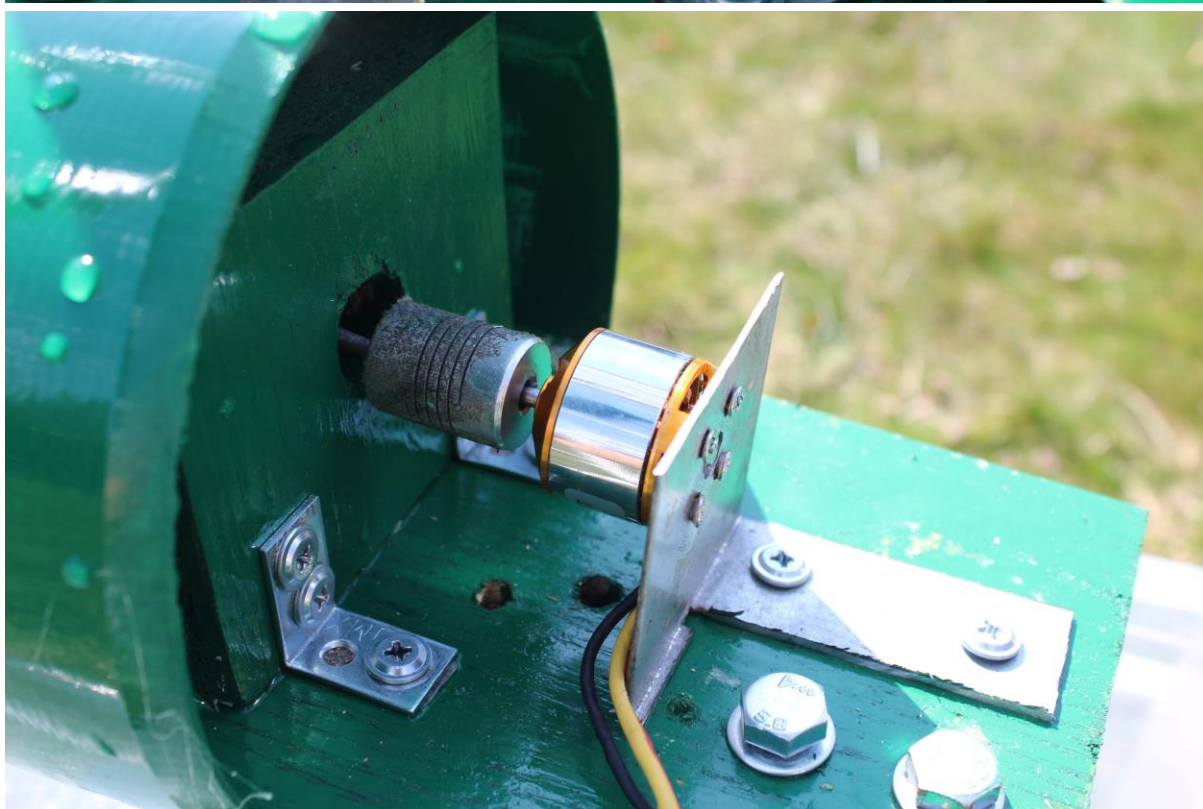
XI. Generator

Maszyny z magnesami trwałymi zdobyły znaczną popularność ze względu na duże gęstości mocy uzyskiwane z jednostki masy. Obecnie maszyny z magnesami trwałymi budowane są głównie jako maszyny bezszczotkowe. Znajdują powszechne zastosowanie w motoryzacji oraz w przemyśle jako serwonapędy, gdyż charakteryzują się wysoką sprawnością oraz bardzo dobrą dynamiką.

Celem niniejszej pracy jest zastosowanie maszyny typu BLDC pracującej jako generator w szeregowym, hybrydowym układzie napędowym przeznaczonym do przetworzenia energii. W celu uzyskania napięcia stałego do wyjścia generatora dołączono układ prostownikowy.

Zastosowanie w proponowanym systemie napędowym prądnicy z magnesami trwałymi powoduje, że nie ma możliwości płynnej regulacji strumienia magnetycznego, a tym samym i napięcia wyjściowego, tak jak ma to miejsce w klasycznych alternatorach. Do regulacji prądu lub napięcia zastosowano impulsowy regulator.





Generator(maszyna typu BLDC)

XII. Zalety na tle obecnej technologii

- Urządzenie w wydajny oraz tani sposób pozyskuje i magazynuje odnawialną energię wiatrową, dzięki temu jest świetnym wyborem na przydomową elektrownię
- Jest znacznie bardziej ekologiczne i uzyskuje znacznie większą sprawność niż jakiekolwiek ogniwo galwaniczne, nie wykorzystuje żadnych rzadkich czy też toksycznych pierwiastków, przy czym jest znacznie bardziej wytrzymałe i nie zachodzi tu zjawisko utraty pojemności po dłuższym czasie eksploatacji.
- Energia jest magazynowana lokalnie co oznacza, że nie trzeba jej nadwyżki oddawać do sieci, jest to nie tylko bardziej ekonomiczne dla użytkownika ale także odciąża system energetyczny który przecież też musi nadwyżkę energii zmagazynować za pomocą np. elektrowni szczytowo-pompowych. Jest to o tyle bardziej wydajne że unikamy kilku etapów przetwarzania energii oraz strat związanych z jej przesyłaniem na dużą odległość.
- Turbina wiatrowa jest sprzężona mechanicznie z pompą, dzięki czemu pomijamy etap przetwarzania na energię elektryczną, jest to wysoce bardziej wydajne ze względu na brak konieczności regulacji parametrów wejściowych (hamowania turbiny przy zbyt dużych prędkościach) czy też wyjściowych (regulacja napięcia) generatora elektrycznego co negatywnie wpływa na sprawność, w naszym przypadku niezależnie od prędkości wiatru przełożenie mechaniczne zachowuje stałą wysoką sprawność.
- Na wyjściu uzyskujemy regulowaną energię elektryczną która jest dawkowana zależnie od aktualnego obciążenia, minimalizuje to straty oraz poprawia kulturę pracy generatora.



XIII. Perspektywa wdrożenia

Nasz system jest lepszy pod wieloma względami od obecnych rozwiązań, co daje nam okazję na komercjalizację oraz przebicie się na rynku odnawialnych źródeł energii. Otwiera się przed nami perspektywa wprowadzenia urządzenia do produkcji. Projekt ma szansę zyskać popularność, gdyż jest to najlepszy i najtańszy sposób pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł w warunkach domowych. Niewątpliwie projekt potrzebuje dobrej reklamy, rozważamy utworzenie stron promujących na portalach społecznościowych jednak zanim to zrobimy chcemy zabezpieczyć się patentem. Jeżeli potencjalni klienci będą w stanie zrozumieć korzyści płynące z zastosowania takiego systemu mamy szansę na duży sukces.

XIV. Innowacyjność projektu

Jest to jedyne tego typu urządzenie na świecie. Koncepcja jest autorska i jest połączeniem istniejących rozwiązań z zakresu energetyki, które na drodze optymalizacji stały się wysoko efektywnym systemem. Jest to niewątpliwie znacząca innowacja w zakresie energetyki odnawialnej ponieważ w efektywny, ekologiczny i tani sposób pozyskuje i akumuluje energię co w dzisiejszych czasach jest na wagę złota. Jednym z problemów ludzkości jest brak zdolności do akumulacji energii bez strat, pomysł ma szansę przybliżyć nas do tego celu. Jako że jest to pierwsze tego typu rozwiązanie, pomysł powinien posiadać zdolność patentową. Będziemy się starać o uzyskanie patentu międzynarodowego na nasz wynalazek.



XV. Opinia

Dzięki uprzejmości Panów dr. inż. Tadeusz Mączka jako Kierownika Zakładu Inżynierii Energetycznych oraz mgr in.z Bartłomiej Borkowski jako Specjaliste inżynieryjno-technicznego udało nam się otrzymać opinię na temat naszego projektu potwierdzającą innowacyjność oraz nowatorskie podejście naszego rozwiązania od Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych. Wspomnianą opinię można przeczytać na kolejnej stronie.



**INSTYTUT AUTOMATYKI
SYSTEMÓW ENERGETYCZNYCH Sp. z o.o.**
Centrum Badawczo-Rozwojowe
51-618 Wrocław 12, ul. Wystawowa 1
www.iase.wroc.pl



Sz. P. Pustelnik Nikodem
Pesel: 02281506275
Jana Wiktora 13; 33-300 Nowy Sącz
Sz. P. Łazarz Michał
Pesel: 02262010298
Łazy Biegonickie 199; 33-340 Stary Sącz

Nasz znak: ZE/03/Olimpiada/2021

Wrocław, 31.03.2021 r.

Dotyczy: Opinia na temat pracy konkursowej o akronimie „WindZilla”

Szybki postęp technologiczny odnawialnych źródeł energii (OZE) stanowi wyzwanie dla inżynierów i konstruktorów zajmujących się ich utylitarnym wykorzystaniem w nowatorskich zastosowaniach. Środowisko inżynierów coraz częściej porusza problem „niestabilności” wytwórczych jednostek OZE i ich negatywnego wpływu na lokalną elektroenergetyczną sieć dystrybucyjną. W związku z tym, udział technologii magazynowania na poziomie indywidualnych prosumentów jest jak najbardziej wskazany.

Od wielu lat znanym sposobem na magazynowanie nadwyżek energii są elektrownie szczytowo-pompowe, które obecnie wykorzystuje się do regulacji przepływu mocy w systemie (np. niwelowania chwilowego zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną).

Oparta na powyższym jest koncepcja o akronimie „WindZilla”. Rozwiązanie bazuje na wykorzystaniu wody w przemianach energetycznych (kinetyczna – potencjalna - kinetyczna w różnych postaciach). Koncepcja zakłada akumulację energii wody w górnym zbiorniku (przetłaczanej z dolnego zbiornika za pomocą pompy tłokowej napędzanej bezpośrednio z turbiny wiatrowej) oraz odzyskaniu (w odpowiednim momencie) zmagazynowanej energii potencjalnej wody w postaci energii elektrycznej (zapropozowano wykorzystanie turbiny Peltona sprzęgniętej z wałem silnika BLDC pracującego jako generator prądu). Nowością przedstawionego rozwiązania jest jego wykorzystanie jako „przydomowej” mikroelektrowni szczytowej. Autorzy rozwiązania nie podali sposobu szacowania sprawności całkowitej sytemu, a deklarowana wartość 85% prawdopodobnie jest zawyżona. W celu zwiększenia atrakcyjności koncepcji, konstruktorzy powinni przeanalizować możliwość gromadzenia wody deszczowej oraz późniejszego jej zagospodarowania na użytek magazynu energii, jak i do celów gospodarczych. Projekt jest perspektywiczny i rozwojowy, ale wymaga dopracowania od strony technicznej oraz bardziej szczegółowej analizy biznesowej w celu ukazania jego przyszłego potencjału wdrożeniowego.

Reasumując, proponowana koncepcja „WindZilla”, jako całość, stanowi nowatorskie podejście do rozwiązania istniejącego problemu lokalnego magazynowania energii elektrycznej w mikroskali, z małych rozproszonych źródeł OZE. Opracowana idea wydaje się słuszna i zdaniem opiniujących kwalifikuje się do udziału w konkursie: Olimpiada Innowacji Technicznych i Wynalazczości dla szkół średnich o tytuł MŁODEGO INNOWATORA w roku szkolnym 2020/2021 organizowanym przez Polski Związek Stowarzyszeń Wynalazców i Racjonalizatorów.

Opiniujący: mgr inż. Bartłomiej Borkowski
Specjalista inżynierjno-techniczny

dr inż. Tadeusz Maczka
Kierownik Zakładu Inżynierii Energetycznych

Tel. centr. 71- 348 42 21; Faks 71- 348 21 83
Sekretariat 71- 347 72 94; e-mail: sekretariat@iase.wroc.pl
Dział Handlowy tel. 71- 347 72 25; e-mail: obsluga_klienta@iase.wroc.pl
NIP: 896-000-54-66; Regon: 020606454
KRS nr 0000288091 Sąd Rejonowy dla Wrocławia-Fabrycznej
VI Wydział Gospodarczy KRS
Kapitał zakładowy: 9.000 000,00 zł

Prace w zakresie: automatyzacji, wytwarzania, przesyłu, rozdzielnictwa i pomiarów energii elektrycznej



XVI. Bibliografia

- https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA-ETSAP_Tech_Brief_Wind_Power_E07.pdf
- <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:691575/FULLTEXT01.pdf>
- https://static1.squarespace.com/static/58e29ee61e5b6c8174602e50/t/5bbcdb281905f4cbb46fac06/1539103535247/POWER-US_WhitePaper.pdf
- <https://www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/206880114.pdf>
- <https://personal.ems.psu.edu/~fkd/courses/cause2003/finalprojects/vikingpaper.pdf>
- https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12024881_01.pdf
- https://repozytorium.biblos.pk.edu.pl/redo/resources/26190/file/suwFiles/WalczakP_BadaniaHydraulicznego.pdf
- https://www.researchgate.net/profile/Bartlomiej-Iglinski/publication/317304673_Technologie_hydroenergetyczne/links/59312e9a45851553b68963c4/Technologie-hydroenergetyczne.pdf
- <https://wes.copernicus.org/articles/1/1/2016/wes-1-1-2016.pdf>
- https://wim.utp.edu.pl/wp-content/uploads/2020/01/K_Doerffer-recenzja_prof_Tomaszewski.pdf
- https://www.cire.pl/pliki/2/eksploatacja_i_rozwoj_energetyki_wiatrowej_w_polsce.pdf

