

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Możliwości zastosowania i lokalizacji turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu

KRZYSZTOF GARBALA, ALEKSY PATEJUK

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, ZAKŁAD INŻYNIERII PRODUKCJI

Słowa kluczowe: turbiny wiatrowe, wirnik Savoniusa, ramy turbin, lokalizacja turbin

STRESZCZENIE

W pracy poruszono problematykę integracji energetyki wiatrowej ze środowiskiem. Przedyskutowano plusy i minusy pozyskiwania energii z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Zasygnalizowano możliwości rozwoju turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu przeznaczonych dla odbiorców o stosunkowo niewielkim zapotrzebowaniu mocy – do około 1,5 kW. Zaproponowano nowe autorskie rozwiązania konstrukcji masztów (typu „F”, „2F” oraz „F/2F”) przeznaczonych do mocowania wirników turbin wiatrowych. Podkreślono przy tym, że zaproponowane rozwiązanie bardzo dobrze wkomponowuje się w infrastrukturę i architekturę występującą na danym terenie. Według przeprowadzonych przez autorów badań własnych, wykazano, że dla okolic Białegostoku (Nowosiółki k. Krypna) prędkość wiatru zmienia się stosunkowo dużym przedziale w zależności od czasu pomiaru. Skutkuje to odpowiednio zmianami pozyskiwanych chwilowych mocy przez turbinę. Analiza wyników badań własnych wykazała również, że w danych warunkach terenowych występują stosunkowo duże różnice potencjalnego pozyskiwania mocy przez turbinę w poszczególnych miesiącach.

Methodology of the vertical axis wind turbines location fields researching

Keywords: wind turbine, the rotor Savoniusa, frame turbines, turbine location

ABSTRACT

This work touches the problems connected with the integration of wind energetic with the environment. There were discussed the advantages and disadvantages of the gain of energy with the usage of the renewable sources of energy. There were represented the opportunities of the development of wind turbines with the vertical turn axle appropriated for the receivers with about 1,5 kW. The author proposes the new solution of the construction of masts (of “F”, “2F” and “F/2F” types) appropriated to the fixing of runners of the wind turbines. It was emphasized, that the proposed solution introduces in the infrastructure and architecture of the local territory. In according with the own author’s searches it has been indicated that the speed of wind changing in the relatively large section is depended on the time of measurement for the surrounding of Bialystok (Nowosiolki near Krypno). It causes the changes of the gained transitory power of turbine. The analysis of the results has also showed that in local conditions there are relatively big differences of the potential gaining of power by turbine during several months.

1. WSTĘP

Nowoczesne źródła odnawialnej energii wiatrowej, oprócz zalet takich jak czysta energia, brak zanieczyszczeń niosą ze sobą pewne problemy. Istotny jest także aspekt społeczny związany z usytuowaniem elektrowni w pobliżu terenów zamieszkałych przez społeczności lokalne. Wiąże się to głównie ze zmianami architektonicznymi krajobrazu. Mieszkańcy terenów bezpośrednio związanych z budową elektrowni wiatrowych bardzo często mają obawy związane z bezpieczeństwem tych konstrukcji. Z obserwacji przeprowadzonych dotychczas wynika, że energetyka wiatrowa posiada duże wahania mocy, dlatego nie może być stosowana jako główne źródło energii elektrycznej w danym regionie. Zaleca się, aby stosować energię wiatrową jako dodatkowy element wspomagający sieć energetyczną. Z tego też względu energetyka wiatrowa ma wielu zwolenników i wielu przeciwników.

2. PROBLEMATYKA ZWIĄZANA Z ENERGETYKĄ WIATROWĄ

2.1 Rzeczywiste i pozorne bariery energetyki wiatrowej

W obecnych czasach największym problemem energetyki wiatrowej są rozwiązania konstrukcyjne. Aby uzyskać dużą moc nominalną, a zarazem wydajność silników wiatrowych stosuje się różnego rodzaju zabiegi, polegające między innymi na zwiększaniu średnicy zewnętrznej śmigła. Obecny maksymalny wymiar śmigła elektrowni wiatrowej jest 112 metrów. Ciągłe zwiększanie wymiarów przysparza nie tylko problemy natury konstrukcyjnej, ale także stwarza nowe zagadnienia związane z logistyką, transportem i montażem urządzenia w miejscu jego przeznaczenia. Trzeba zaznaczyć, że te trudności mają istotny wpływ na stosowanie elektrowni wiatrowych, są jednak do przewyższenia. Obecny postęp techniczny sprawia, że montaż tych urządzeń przebiega dość sprawnie. Stosuje się specjalistyczne dźwigi do montażu konstrukcji oraz specjalnie zaprojektowane do tego celu naczepy. Wszystko to sprawia, że rosną koszty budowy i czas wykonania danej elektrowni wiatrowej [1].

Istotny jest również aspekt bezpieczeństwa postrzegany przez społeczność lokalną, zamieszkałą w pobliżu miejsca usytuowania elektrowni. Należy jednak podkreślić, że współczesne kon-

strukcje elektrowni wiatrowych są bardzo bezpieczne. Począwszy od fazy projektowej poddawane są one bardzo rygorystycznym testom. Argumenty ekologów związane z wpływem elektrowni na bezpieczeństwo poruszania się ptaków zostały odparte przez badania, które wykazały, że kolizje zdarzają się sporadycznie, nawet z ptactwem przemieszczającym się masowo. Znacznie większe zagrożenia dla ptaków występują w środowisku miejskim, przede wszystkim w rejonach wielkich aglomeracji oraz napowietrznych linii energoelektrycznych [2].

2.2 Zanieczyszczenia powodowane przez energetykę wiatrową

Pomimo wielu zalet należy zdawać sobie sprawę, że energetyka wiatrowa w pewnym stopniu zanieczyszcza środowisko naturalne. W tym przypadku mamy do czynienia głównie z dwoma rodzajami zanieczyszczeń. Pierwszym rodzajem są zanieczyszczenia akustyczne wywołane przez aerodynamikę pracy wirnika oraz mechanizmy napędowe. Źródła hałasu wytwarzane przez silniki wiatrowe są bardzo trudne do zlokalizowania, stąd też ich eliminowanie jest utrudnione. Duży wpływ na hałas mają turbulencje atmosferyczne, wiry i prądy powietrzne. W dużych elektrowniach wiatrowych o średnicy śmigła 112 metrów jego końcówka osiąga prędkość styczną graniczącą z prędkością dźwięku. W małych elektrowniach poziom hałasu jest stosunkowo niewielki. Hałas mechaniczny generowany przez turbiny jest stopniowo obniżany dzięki zastosowaniu coraz to nowszych technologii nowoczesnych konstrukcji układów napędowych. Maksymalna emisja fal akustycznych emitowanych przez turbiny wiatrowe wynosi w przybliżeniu 104 dB. Poziom hałasu zmniejsza się znacznie wraz z odległością, dlatego elektrownie sytuowane są w oddaleniu od siedlisk ludzkich. W odległości około 100 metrów poziom mierzalny jest niższy i wynosi do 100 dB, a w odległości około 500 metrów poziom dźwięku spada do około 45 dB, co powoduje, że hałas jest porównywalny z warunkami mieszkaniowymi. Postawa społeczności lokalnych związana z emisją hałasu jest zależna od postrzegania elektrowni przez ludzi mieszkających w sąsiedztwie. Duński Instytut Badawczy (DK Technik) wykazał, że wyczuwalność hałasu zależy w dużej mierze od nastawienia ludzi do energetyki wiatrowej. Nadmienić należy, że długie przebywanie w miejscu o stałym natężeniu fal dźwiękowych wpływa

negatywnie na odczucia człowieka [3, 4].

Drugim czynnikiem, który wpływa na zanieczyszczenie środowiska jest estetyka wizualna elektrowni. Zanieczyszczenie wizualne jest subiektywnie odbierane przez społeczeństwo. Dla jednych elektrownia będzie specyfą danego krajobrazu, dla innych będzie stanowić nieodzowny element architektoniczny. Jak stwierdziła Komisja Europejska, odczucia te są determinowane nastawieniem danej osoby do turbin wiatrowych. Niekiedy bywa tak, że elektrownie wiatrowe stają się pożądaną atrakcją turystyczną danego regionu i świadczą o jego związku z ekologią. Niewątpliwym jest fakt, że podniebne konstrukcje elektrowni wiatrowych przyciągają uwagę turystów, co wiąże się z rozwojem regionu [3, 4].

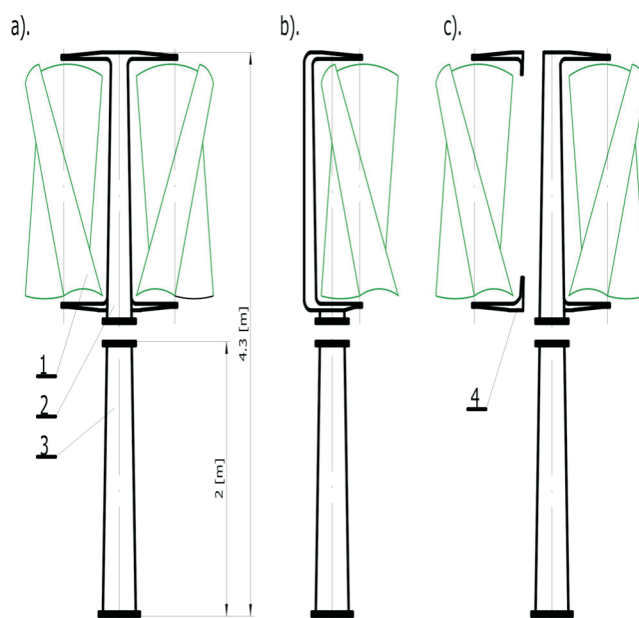
Bywa czasami tak, że te same społeczności uważają turbiny za symbol czystej energii. Pomimo tego instalowanie indywidualnych turbin wiatrowych, a przede wszystkim dużych farm wiatrowych, napotyka na ostry sprzeciw. Jako przykład może posłużyć rozwijająca się dynamicznie sieć telefonii komórkowej. Instalacja wież telefonii komórkowej również pociągała za sobą sprzeciwy, ale została zaakceptowana przez społeczeństwo, mimo, że fale emitowane przez te wieże stwarzają dużo większe ryzyko dla zdrowia i bezpieczeństwa niż elektrownie wiatrowe. Tak więc aktualną reakcją na instalowanie turbin wiatrowych, zakłócających krajobraz można rozpatrywać w kontekście bardziej ustabilizowanych i akceptowalnych technologii. Można to zjawisko odnieść do kontrowersji, jakie miały miejsce w 1889 roku podczas budowy wieży Eiffla w Paryżu. W czasie budowy powstawały liczne protesty i sprzeciwy, gdyż obawiano się zakłócenia estetyki architektonicznej miasta. Dochodziło nawet do powoływania licznych komitetów protestacyjnych po stronie przeciwników budowy. Omal nie doszło do jej zburzenia w 1909 roku, a ocaliło ją umieszczenie na niej nadajników radiowych [2].

3. INTEGRACJA TURBIN WIATROWYCH O PIONOWEJ OSI OBROTU ZE ŚRODOWISKIEM

3.1 Poprawa estetyki turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu – nowe rozwiązania masztów

W ostatnich czasach coraz większą popularność zyskuje wytwarzanie energii w elektrowniach wiatrowych. Do tego celu najlepiej nadają się małe turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu. Mają one szereg zalet w porównaniu z tradycyj-

nyimi elektrowniami wiatrowymi. Do najważniejszych należy zaliczyć: prostą budowę, brak układu do nastawiania pod wiatr i stosunkowo lepsze wykorzystanie energii wiatru w terenie zabudowanym. Istotną zaletą turbin wiatrowych w porównaniu z konwencjonalnymi wiatrakami jest możliwość montowania ich na szczytach dachów jedno i wielo-rodzinnych. Należy przy tym wskazać, że nie bez znaczenia jest również stosunkowo wysoka czułość na małe prędkości wiatru [5]. Aby zapewnić estetyczny wygląd turbiny wiatrowej konstruktorzy prezentują szereg pomysłów. Zdaniem autorów na uwagę zasługuje turbina, w której ramę zaprojektowano jako konstrukcję rurową monolityczną z przykręcanym masztem. Ma to zapewnić turbinie dodatkową uniwersalność - możliwość montażu na więźbie dachowej (bez masztu). Taka konstrukcja zapewnia też wygodny transport oraz mobilność. Na Rysunku 1 przedstawiono trzy autorskie rozwiązania ram turbin wiatrowych projektowanych do wirnika o średnicy 1 m i wysokości 2 m. Dla pojedynczego wirnika zaproponowano kształt „F” (Rys. 1a) z przesuniętym masztem w celu wyrównowania konstrukcji od sił masowych. Konstrukcja „2F” (Rys. 1b) ma na celu, poza efektem zrównoważenia masy, również zwiększenie mocy uzyskiwanej turbinie [5, 6].



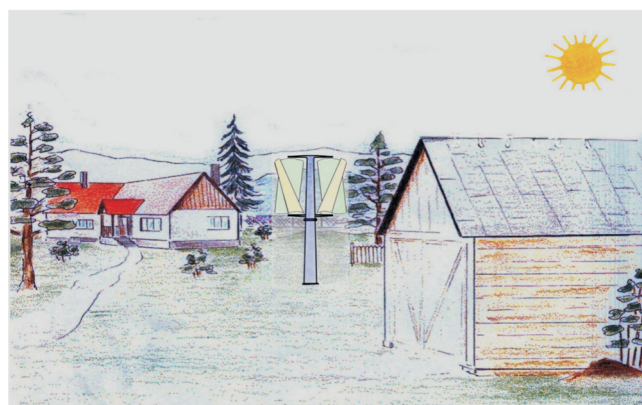
Rysunek 1 Kształty ram turbin wiatrowych (1 – wirnik; 2 – rama górna; 3 – maszt; 4 – demontowany zespół wirnika; a – typu „F”, b – typu „2F”, c – typu „F/2F”

Figure 1 Shapes framework of wind turbines (1 – rotor, 2 – upper frame, 3 – pole, 4 – rotor assembly removed, and – „F”, b – a „2F”, c – type „F/2F”

W artykule zaprezentowano nowe autorskie rozwiązanie masztów wirników turbin o pionowej osi obrotu typu „F/2F” (Rys. 1c), będące uniwersalnym i kompromisowym rozwiązaniem między masztami typu „F” i „2F”. Porównując kształty ram pod względem estetyki i harmonii konstrukcji, zauważono, że rama w kształcie „2F” cechuje się symetrią. Posiada także estetyczny symetryczny wygląd i wizualne zjawisko obrotu dwóch śrub w przeciwnych kierunkach [6, 7].

3.2 Możliwości zastosowania turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu w okolicach Białegostoku

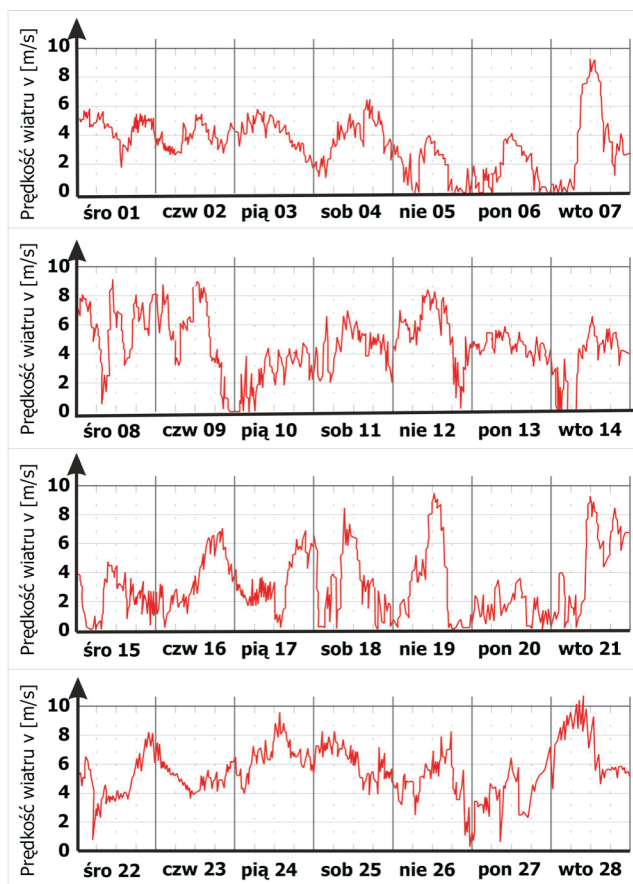
Turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu mogą być stosowane wszędzie tam, gdzie wymagana jest produkcja niewielkich ilości energii elektrycznej przy mniej korzystnych zasobach wiatrowych. Konstrukcja może być przenośna i instalowana w trudno dostępnym terenie, konstrukcje mogą być stosowane np: na jachtach czy łódkach, do podświetlania tablic informacyjnych nocą. Małe turbiny wiatrowe, zwłaszcza te o pionowej osi nie tylko są łatwe do wkomponowania w otoczenie, ale również możliwe jest uczynienie z nich elementów dekoracyjnych. Na Rysunku 2 przedstawiono możliwość zastosowania turbiny typu „2F” do użytku indywidualnego na przykładzie zabudowań rolniczych.



Rysunek 2 Przykład zastosowania turbiny wiatrowej o pionowej osi obrotu do użytku indywidualnego
Figure 2 Example of application of a wind turbine with vertical axis for individual use

W celu poznania możliwości zastosowania turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu w okolicach Białegostoku wykonano badania prędkości wiatru Nowosiółki k Krypna. Badania przeprowadzono na wysokości 6 metrów w terenie o skali szorstkości 1,5 (tereny uprawne z nielicznymi zabudowaniami), w czasie jednego roku od 2005.03.01

do 2006.03.01. W badaniach wykorzystano wiatromierz typu WS-3600 sprzężony z PC, czas próbkowania wynosi 10 minut. Na Rysunku 3 przedstawiono wykres przebiegu zmian prędkości w lutym w 2006 r. Analizując wykres zauważono duży rozrzut wyników pomiarów.

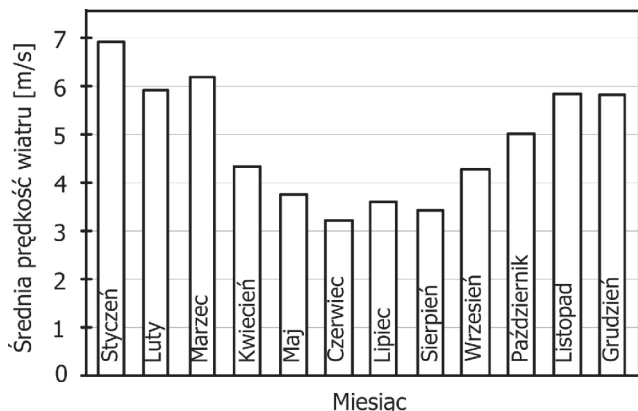


Rysunek 3 Rozkład prędkości wiatru dla okolic Białegostoku (Nowosiółki k Krypna) dla lutego 2006 r.

Figure 3 The distribution of wind speed for the area of Białystok (Nowosiółki - near Krypna) for the month of February 2006

Według przeprowadzonych badań własnych, ustalono, że dla okolic Białegostoku (Nowosiółki k Krypna) średnio roczna prędkość wiatru 4.7 m/s wykazuje stosunkowo duże wahania. Z przeprowadzonej analizy uzyskanych wyników badań wynika, że są też duże różnice mocy wytworzonej przez turbinę w poszczególnych miesiącach. Ustalono, że najlepszy sezon dla tego rodzaju źródła energii przypada na okres od października do marca (Rys. 4). Analiza całości materiału badawczego wykazuje jednoznacznie, że dla warunków geotopograficznych w jakim zlokalizowany jest Białystok i jego okolice, najbardziej wskazane byłoby wykorzystywanie energii wiatrowej jako

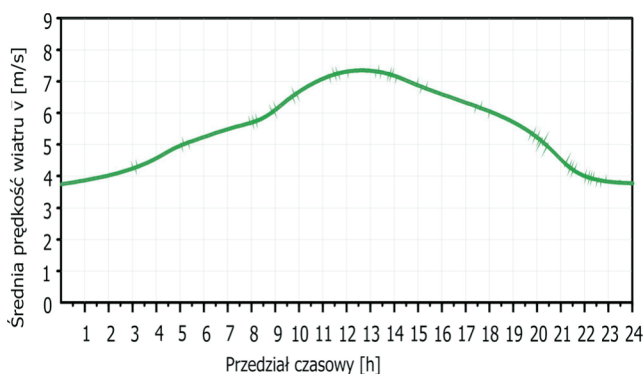
dotychczasowego źródła energii – wspomagającego np. siecią energią elektryczną.



Rysunek 4 Średnie prędkości wiatru w poszczególnych miesiącach dla okolic Białegostoku (Nowosiółki k Krypna)

Figure 4 The average wind speed in each month for the region of Białystok (Nowosiółki - near Krypna)

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że w analizowanym przedziale czasowym były zauważalne podobieństwa w dobowych zmianach prędkości wiatru. W godzinach porannych następuje zwiększanie się prędkości wiatru osiągając maksimum w godzinach południowych (do około 7 m/s), a następnie znowu spadek do poziomu około 4 m/s (Rys. 5).



Rysunek 5 Dobowy rozkład średnich prędkości wiatru w lutym 2006 r., dla okolic Białegostoku (Nowosiółki k Krypna)

Figure 5 Daily average wind speed distribution in February 2006, the region of Białystok (Nowosiółki - near Krypna)

$$\bar{v} = \frac{1}{\Delta t * d} \sum_{j=1}^{i=p} \int_{t=0}^{\Delta t} V dt \quad (1)$$

gdzie:

- Δt - przedział jednostkowy
- d - liczba dni objętych analizą
- p - liczba przedziałów badawczych przyjętych w 24 godzinny obszar całkowania ($p=24/\Delta t$)
- \bar{v} - średnia prędkość wiatru
- i - kolejny przedział czasu
- j - kolejny dzień pomiaru

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zaproponowane konstrukcje ram turbin wiatrowych cechują się wysokimi walorami estetycznymi oraz dobrze komponują się w otoczenie.
2. Rozwiązanie konstrukcyjne „F/2F” cechuje się uniwersalnością, łączy w sobie zalety ram typu „F” i „2F”, pozwala w łatwy sposób na zwiększenie mocy wytworzonej.
3. W terenie w jakim zlokalizowany jest Białystok i jego okolice najbardziej wskazane byłoby wykorzystywanie energii wiatrowej jako dodatkowego źródła energii – wspomagającego np. siecią energią elektryczną.

LITERATURA

- [1] Głosko W. : Energetyka wiatrowa rozwijała się najdynamiczniej „Energia Gigawat”. ISE. pl (2003).
- [2] http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/r_male_ewi.htm.
- [3] Łukomska A., Migała K., Sobik M. (1998) Potencjał energetyczny wiatru w obszarach o urozmaiconej rzeźbie terenu na przykładzie Lubawki (woj. jeleniogórskie), materiały konferencyjne: Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii, V Konferencja Naukowo-Techniczna, Gdańsk 13-15.10.1998.
- [4] Petersen E. L., Mortensen N. G., Landberg L., Hojstrup J., Frank H. P. (1998) Wind power meteorology. Part I: Climate and turbulence, Wind Energy, 1., pp. 25-45.
- [5] Garbala K., Patejuk A.: Przenośne stanowisko do oceny lokalizacji elektrowni wiatrowej małej mocy. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna Nr 3 (2005), s. 128-134.
- [6] Garbala K., Patejuk A.: Zastosowanie materiałów kompozytowych w turbinach wiatrowych o pionowej osi obrotu „Elektro Info” 2006 1/2.
- [7] Garbala K., Patejuk A: Повышение полезных свойств ветряных турбин через применение композитных материалов (materiały konferencyjne „Energia w nauce i technice” Grodno 01.11.2005.