

DOŚWIADCZENIA Z BUDOWY I EKSPLOATACJI MAŁYCH PRZYDOMOWYCH ELEKTROWNI WIATROWYCH

SMALL WINDMILLS – CONSTRUCTION AND EXPLOITATION EXPERIENCE

Abstract: The sense of construction of small windmills is shown. Still increasing interest in cheap sources of energy, observed in Poland, has prompted staff of Research And Development Centre Of Electric Machines Komel to build, put in motion and test on own terrain the small and cheap windmill. This project has brought a lot of useful information concerning both the process of building of small windmills and the performance of such “power station”. The assumption was made that the windmill should be really cheap and easy to build. In given example the modernization of the 12 blade propeller windmill with belt gear is shown. After this modernization, the windmill is a three blade windmill without any gear. Such a windmill is better matched to the wind conditions observed in south Poland. In the construction of described windmill the low speed permanent magnet synchronous generator of our design is used. The energy produced by the windmill is used as an additional heat source in buildings, so there is no need for regulation of the output voltage from generator (regarding both, rms value and the frequency). Thanks to that, the windmill is relatively cheap.

Wstęp

Energia cieplna, używana corocznie do ogrzewania wody użytkowej lub pomieszczeń mieszkalnych (gospodarczych) pochodzi zazwyczaj z węgla, ropy lub gazu. Jak wiadomo, efektem spalania tych nośników energii jest emisja wielu zanieczyszczeń do atmosfery. Jednakże obecnie, zarówno ze względów ekologicznych jak i ekonomicznych coraz popularniejsze stają się odnawialne źródła energii. Jedną z realnych i niedrogich metod uzupełniania zasobów energetycznych są elektrownie wiatrowe.

Już pod koniec lat trzydziestych XX wieku, sprawę elektrowni wiatrowych poruszano w Polsce na łamach czasopisma branżowego „Wiadomości Elektrotechniczne” (rys.1). Jednak z różnych powodów prace w tym kierunku posuwały się bardzo powoli i z miernymi rezultatami.

Od kilku lat w Europie, w tym również w Polsce, obserwuje się coraz intensywniejszy rozwój tej właśnie metody pozyskiwania energii. Powstają zarówno małe przydomowe siłownie wiatrowe, jak i duże farmy z elektrowniami wiatrowymi, popularnie zwanymi wiatrakami. Produkowana energia elektryczna z wiatru może być odsprzedawana do sieci energetycznej jak również zużywana na własne potrzeby w gospodarstwie, np. w celu dogrzewania pomieszczeń, ogrzewania wody użytkowej, itp. Można ją również magazynować, np. ładować akumulatory. O ile pierwszy z w/w sposobów

jest uwarunkowany wieloma przepisami i obstrzenciami, co jest znaczącym utrudnieniem, o tyle pozostałe sposoby wykorzystania tej energii są proste i łatwe w realizacji.

NAKLAD 6000 EGZEMPLARZY • CENA ZESZYTU 1 ZŁ 20 GR

WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE

CZASOPISMO DLA ELEKTRYKÓW-PRAKTYKÓW
Redaktor: inż. el. Włodzimierz Kotelański • Warszawa, ul. Królewska 15. Tel. 522-54
R O K VI • STYCZEŃ 1938 R. • ZESZYT 1

Treść zeszytu 1-go: 1. SILNIKI WIETRZNE ORAZ ICH ZASTOSOWANIE DO WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ inż. el. P. Jeros. 2. OBSŁUGA STACYJNYCH AKUMULATORÓW KWASOWYCH inż. el. T. Monkiewicz. 3. ZAPOTRZEBOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA MIĘDZYNARODOWEJ WYSTAWIE W PARYŻU W R. 1937 inż. M. Wodnicki. 4. DZIAŁ INSTALATORSKI. 5. TECHNIKA INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH inż. T. Kulikowski. 6. POPULARNA ELEKTROTECHNIKA. UZWIĘZIENIA MASZYN PRĄDU ZMIENNEGO. 7. NOWINY ELEKTROTECHNICZNE. 8. SZYBKĄ TECHNICZNA. 9. BIBLIOGRAFIA. 10. ROZNE.

Silniki wietrzne oraz ich zastosowanie do wytwarzania energii elektrycznej.

inż. el. PIERZYMBŁAW JEROS.

Uwagi historyczne.

Myśl wykorzystania siły wiatru, jako źródła energii mechanicznej, jest w zasadzie bardzo stara. Pierwszym przykładem wykorzystania siły wiatru było kołarstwo, znane nie tylko starożytnym narodom o wysokim stopniu cywilizacji, lecz, jak wykazały nowe badania, i na wprost jeszcze dalekim plemionom w okresie przedhistorycznym, przyciem, jako materiałem na żagle, posługiwano się skórami zwierząt, a nawet okazyli ludźmi.

Pierwsze maszyny do przetwarzania potęgi wiatru na pracę mechaniczną (np. do obracania żaren, czerpania wody z głębokich studni lub osuszania bagnistych terenów gąsy pomocy prymitywnych „pompy”), budowane były w starożytnym Egipcie już ok. 2500 lat temu. W Persji zaś budowano je w VII wieku po Nar. Chr., przyciem znane były one także Arabom. W Europie maszyny te ukazały się dopiero w XI wieku i od tego czasu – w ciągu całego średniowiecza – uległy one jedynie niewielkim zmianom i ulepszeniom. Pewne pojęcie o prymitywnych konstrukcjach ówczesnych wiatraków możemy sobie stworzyć dzięki przechowanym ry-



Rys. 1. Widok nowoczesnego silnika wietrznego do napędu prądu (na zdjęciu widoczne są przewody do odprowadzania energii elektrycznej).

Rys.1. Pierwsze polskie próby wykorzystania wiatru do produkcji energii elektrycznej

W publikacji [2] wykazano sens budowy małych przydomowych elektrowni wiatrowych, na przykładzie prostej konstrukcji wiatraka metodą gospodarczą z wykorzystaniem profesjonalnej prądnicy synchronicznej z magnesami trwałymi, jako źródła energii elektrycznej. Nawiązując do tej publikacji, niżej przedstawiono

proces budowy wiatraka zrealizowany w „Komele” w Katowicach.

Narodziny koncepcji

Na początku 2003 roku, Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Maszyn Elektrycznych „KOMEL” w Katowicach zaczął rozwijać produkcję wysokosprawnych prądnic synchronicznych wzbudzanych magnesami trwałymi. Pomysł opracowania tego typu maszyny, okazał się bardzo trafny, ponieważ na rynku, brakowało takich urządzeń. „Komel” chcąc pokazać szeroką gamę zastosowań tych maszyn, w drugiej połowie 2003 roku, wybudował małą elektrownię wiatrową na własnym podwórku, wykorzystując w tym celu prądnicę synchroniczną z magnesami trwałymi własnej produkcji.

Pierwszy wiatrak

W pierwszej fazie budowy wiatraka należało ustalić miejsce jego posadowienia. Idealnym punktem posadowienia wiatraka, okazał się szyb windy na budynku Laboratorium Ośrodka. Powstała więc w tym miejscu metalowa kratownica zakotwiczona w ścianach szybu, do której przymocowano maszt wiatraka. Taki sposób mocowania nie wymagał uzyskania pozwolenia na budowę, gdyż nie jest on trwale związany z gruntem.



Rys.2. Podstawa zamocowania masztu wiatraka

Na stalowej rurze o wysokości 4 m umieszczono gondolę z prądnicą, sprzęgniętą za pomocą 2-stopniowej przekładni pasowej z kołem wiatrowym (śmigłem) o średnicy 4,4 m. Cały wiatrak umieszczony jest na wysokości 15 m licząc od osi koła wiatrowego do ziemi. Wybór dwunastołopatowego koła wiatrowego nie był przypadkowy, ponieważ większa ilość łopat sprawia, że silnik wiatrowy „startuje” przy niskich prędkościach wiatru (od 1,5 m/s), co jest istotne w tych rejonach, gdzie średnia prędkość wiatru nie jest wysoka.

Po kilku miesiącach pracy wiatraka oraz praktycznej oceny jego pracy okazało się, że całość nie spełnia oczekiwań. Główni winowajcy - to: zastosowany układ przełożenia, który był bardzo zawodny oraz źle wyprofilowane śmigła. Przekładania o przełożeniu 1:9 wykonana była jako pasowa z paskami klinowymi, które po jakimś czasie zaczęły się ślizgać. Zastosowanie profesjonalnej przekładni zębatej, byłoby tu na pewno doskonalszym rozwiązaniem, jednak koszty takiej przekładni są rzędu kilku tysięcy złotych, zatem są wyższe od ceny prądnicy (!). Dodatkowo warto nadmienić, że również sprawność całego układu była niska. Tak na marginesie, nawet najlepsze przekładnie zębate wykonane w najwyższej klasie dokładności, mają sprawność niewiele większą niż 90%. Tak więc, awaria przekładni wymusiła demontaż wiatraka. Gdy wiatrak był już na ziemi, postanowiono poszukać innego, mniej zawodnego rozwiązania. Oprócz tego, zrodził się pomysł przeprojektowania całego wiatraka.

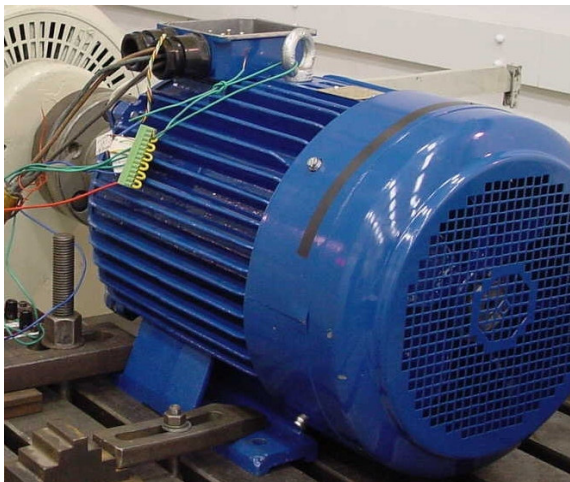


Rys.3. Wiatrak 3 kW wybudowany na dachu Ośrodka Komel (w Sosnowcu) z wykorzystaniem prądnicy synchronicznej z magnesami trwałymi PMGg160L-16

Modernizacja wiatraka

Korzystając z wcześniejszych doświadczeń oraz programu komputerowego „Wiatrak” dobrano moc prądnicy do założonej średnicy koła wiatrowego (5,8 m). Jako generator, zastosowano również profesjonalną bezszczotkową

prądnicę z magnesami trwałymi, ale o większej mocy. Zastosowanie tej wielkości prądnicy było możliwe dzięki jej bardzo wysokiej sprawności oraz niezawodności ruchowej.



Rys.4. Prądnica PMSg180L16, 7.5 kW, 375 obr/min, produkcji Komelu, podczas badań w laboratorium

Pozwala ona uzyskać znacznie więcej energii elektrycznej, niż przy zastosowaniu prądnicy innego rodzaju (asynchronicznej, prądu stałego itp.). Ponadto, z uwagi na zmienną prędkość obrotową wiatraka, zastosowanie tego typu prądnicy jest najbardziej uzasadnione, ponieważ generuje ona moc już przy niewielkiej prędkości obrotowej.

Wykorzystując dotychczasową konstrukcję wiatraka, został on zmodernizowany poprzez zmianę ilości śmigieł (zastosowano 3 śmigieł) oraz zrezygnowano z przekładni. Koncepcja trójłopatowego koła wiatrowego, znacznie podniosła jego sprawność, ale spowodowała obniżenie momentu rozruchowego (silnik wiatrowy startuje przy wyższych prędkościach wiatru, około $2 \div 2,5$ m/s).

Łopaty (śmigła) zostały wykonane z blachy aluminiowej. Na rurze nośnej każdego ze śmigieł umieszczono specjalne żebra wsparcze, które zapewniają uzyskanie właściwego kształtu śmigła (wraz z kątami natarcia) bez konieczności wykonywania kosztownych form kształtujących blachę śmigła (rys.5). Kąty natarcia i zaklinowania łopat wyznaczono za pomocą programu komputerowego „Wiatrak 1.1.” Zastosowanie śmigieł z włókien węglowych lub laminatu szkło-epoksydowego przyczyniłoby się z pewnością do poprawy aerodynamiki silnika wiatrowego oraz estetyki wykonania, jed-

nak ze względów ekonomicznych z tego typu rozwiązania zrezygnowano.



Rys.5. Uzębrowane śmigło wiatraka po nałożeniu blachy

Na rysunku 6 przedstawiono fotografię wiatraka po modernizacji; „w naturze” można go oglądać na dachu naszego laboratorium, które znajduje się w Sosnowcu przy ul. Moniuszki 29.

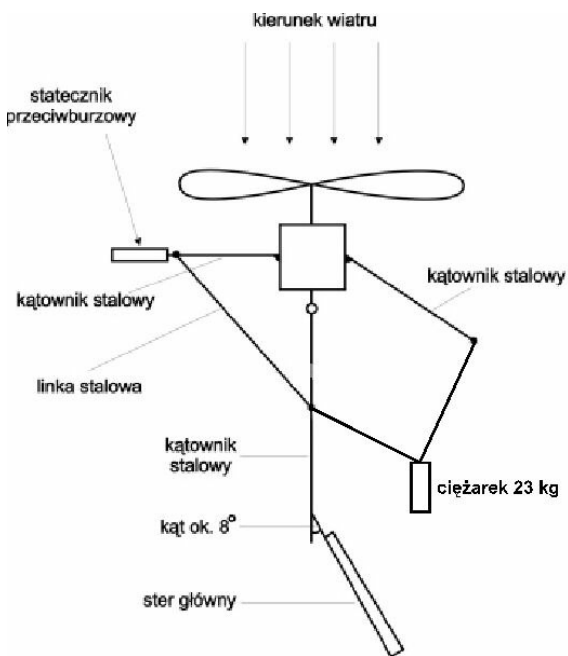


Rys.6. Wiatrak o mocy 6 kW wybudowany na dachu Ośrodka Komel (w Sosnowcu)

Ustawienie wiatraka prostopadle do kierunku wiatru, realizowane jest za pomocą steru głównego. Zastosowano również (podobnie jak w poprzednim wiatraku) mechaniczne zabezpieczenie przeciwburzowe powodujące ustawianie się koła wiatrowego bokiem do kierunku wiatru

w przypadku bardzo silnego wiatru (rys.7). Za-
bezpieczenie to wykorzystuje dodatkowy
boczny ster oraz system linek. „Wyłączenie”
(składanie się) następuje, gdy prędkość wiatru
przekracza około 12 m/s, regulowane jest za
pomocą masy ciężarka (jak na rys. 7). Znamio-
nowa prędkość obrotowa koła wiatrowego wy-
nosi 150 obr/min.

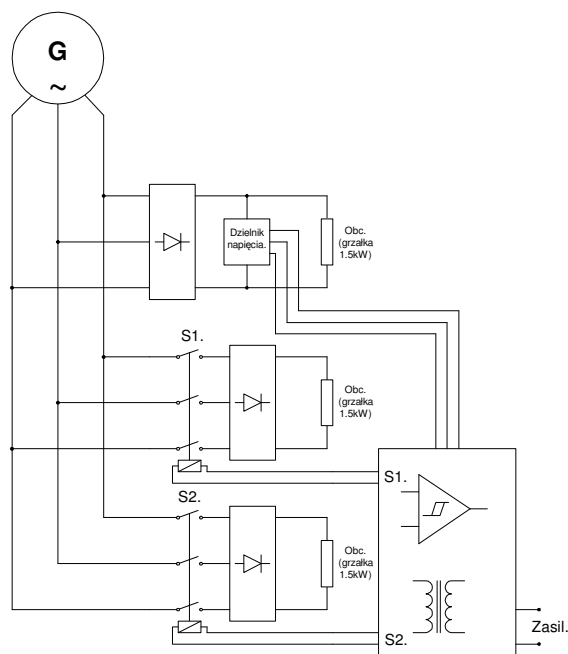
Wiatrak umieszczono na dotychczasowym
maszcie na wysokości 15 m. Energia elek-
tryczna uzyskiwana z wiatraka jest wykorzy-
stywana do ogrzewania wody w instalacji cen-
tralnego ogrzewania. Zrealizowano to za po-
mocą trzech bojlerów włączonych odpowiednio
w system CO. Każdy bojler posiada wbudo-
waną grzałkę elektryczną o mocy 1.5 kW. Na
rys.8 przedstawiono schemat włączenia grzałek
w zależności od prędkości wiatru. Dla maksy-
malnego wyzyskania energii wiatru, zastoso-
wano elektroniczny układ przełączania grzałek
w zależności od jego prędkości.



Rys.7. Sposób zabezpieczenia przed zbyt silnym
wiatrem

Układ przedstawiony na rysunku 8 automatycz-
nie zmienia obciążenie prądnicy pozwalając
uzyskać elektrowni wiatrowej maksymalną
efektywność. Wraz ze wzrostem prędkości
wiatru, prądnica zostaje automatycznie obcią-
żona odbiornikami o większej mocy, co tym
samym zapobiega nadmiernemu wzrostowi
prędkości obrotowej wiatraka. W przypadku
zmniejszania prędkości wiatru prądnica jest

automatycznie odciążana utrzymując optymalną
prędkość obrotową koła wiatrowego.



Rys.8. Schemat połączeń grzałek wraz z ukła-
dem regulacji

Porównując oba powyższe rozwiązania (elek-
trownia 12 łopatawa z przekładnią i 3 łopatawa
bez przekładni), bez wątpliwości sprawdziło się
rozwiązanie drugie. Co za tym idzie, możemy
polecić wszystkim planującym podobne przed-
sięwzięcia rozwiązanie wiatraka sprawdzone na
„własnej skórze” z trójłopatowym silnikiem
wiatrowym bez przekładni.

Więcej szczegółów dotyczących omawianego
wiatraka, łącznie z wymiarami i sposobem roz-
wiązania poszczególnych elementów, można
znaleźć na stronie internetowej
www.elektrownia-wiatrowa.pl. Są tam również
podane przykłady innych wiatraków, ponadto
znaleźć tam można informacje i zależności
użyteczne przy projektowaniu i budowie elek-
trowni wiatrowych.

Podsumowanie

Elektrownię można wykonać z materiałów
i elementów pochodzących częściowo z odży-
sku, co pozwala na obniżenie kosztów takowej
inwestycji. Przy budowie elektrowni „własnymi
siłami”, jedynym większym wydatkiem jest
prądnica z magnesami trwałymi.

Wykonana w ten sposób elektrownia nie uzy-
skuje wprawdzie najwyższych, optymalnych
parametrów, ale jej koszt budowy jest znacząco
niższy od gotowych wiatraków oferowanych na
rynku. Należy w zastosować samowzbudną,

bezszcotkową prądnicę z magnesami trwałymi, gdyż zapewnia ona najwyższą sprawność przetwarzania energii wiatru na energię elektryczną. Ponadto, niezwykle istotnym jest właściwe wyprofilowanie śmigieł i ustalenie odpowiednich kątów natarcia.

Taka elektrownia pozwala obniżyć koszty ponoszone na energię elektryczną używaną np. do celów grzewczych, bądź zmniejszyć zużycie opału. Szczególnie poleca się wykorzystać energię pochodzącą z wiatraka do podgrzewania wody w bojlerze lub też w przypadku posiadania instalacji centralnego ogrzewania do jej dogrzewania. Automatycznie uzyskuje się wtedy pewien rodzaj sprzężenia zwrotnego, bo gdy zimą wieje wiatr to zużycie ciepła i opału jest większe, natomiast wykorzystując energię z wiatraka, im mocniejszy wiatr tym więcej czystej i „darmowej” energii jest dostarczane do obiegu CO.

Szacujemy, że przy ww. rozwiązaniu, koszt budowy elektrowni zwróci się po ok. 3÷4 latach eksploatacji.

Literatura

- [1]. Glinka T.: *Elektrownia wiatrowa*. Zeszyty Problemowe Maszyny Elektryczne. Nr 65/2003, s. 107-112. Wyd. BOBRME Komel, Katowice
- [2]. Bernatt J.: *Wykorzystanie prądnic synchronicznych do budowy małych elektrowni wiatrowych*. Zeszyty Problemowe Maszyny Elektryczne. Nr 68/2004, s. 125-128. Wyd. BOBRME Komel, Katowice
- [3]. Glinka T.: *Autonomiczne elektrownie wiatrowe*. Materiały konferencyjne II Ogólnopolskiej Konferencji ETW 2004, s. 117-122. Wyd. Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa
- [4]. Program komputerowy do obliczania elektrowni wiatrowych Wiatrak 1.1 (<http://darmowa-energia.eko.org.pl>)
- [5]. Strona internetowa <http://www.elektrownia-wiatrowa.pl>
- [6]. Strona internetowa: www.komel.katowice.pl
- [7]. Strony internetowe producentów elektrowni wiatrowych