

Marek BZOWSKI¹
Wojciech JARZYNA²

PRZENOŚNA MAŁA ELEKTROWNIA WIATROWA

Opracowanie przedstawia doświadczenia autorów podczas budowy małej elektrowni wiatrowej. Elektrownia ta jest przewidziana głównie do zastosowań turystycznych, dlatego wymiary zewnętrzne są małe a cała konstrukcja po rozłożeniu może być schowana w bagażniku samochodowym. Dla prędkości wiatru 8m/s moc wyjściowa wynosi 130W. Silnik wiatrowy wykonano z włókna szklanego i żywicy poliestrowej. Specjalnie zaprojektowany synchroniczny generator elektryczny jest konstrukcją tarczową z magnesami trwałymi.

1 ZAŁOŻENIA WSTĘPNE PROJEKTU

1.1 Założenia wstępne

Projektowana elektrownia wiatrowa przeznaczona jest do celów turystycznych, do współpracy z akumulatorem i zasilania niewielkich odbiorników energii elektrycznej. Z tego względu masa układu i jego gabaryty powinny być nieduże. Równie ważna jest konieczność zapewnienia prostego nieskomplikowanego montażu i możliwość łatwego transportu w bagażniku samochodowym.

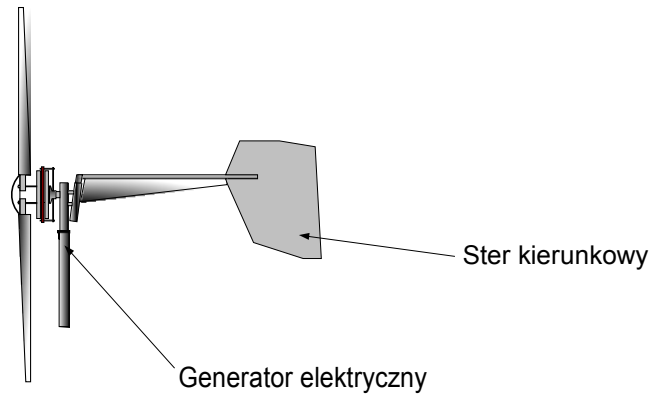
Aby zapewnić lekką konstrukcję nośną, masa całej elektrowni nie powinna przekraczać 10 kg. Ze względu na bezpieczeństwo pracy siły osiowe parcia wiatru na silnik wiatrowy przy prędkości wiatru 14 m/s nie powinny przekraczać 130 kN. Szacunkowe obliczenia wskazują, że moc takiej elektrowni osiągać może 400 W przy rozpiętości śmigieł około 120 cm. Ponieważ jednak elektrownia wiatrowa montowana będzie na małej wysokości, do obliczeń znamionowych należy przyjąć niższe prędkości wiatru, około $V_w=8$ m/s. Moc znamionowa generatora wynosi wówczas 130W.

Dla takich wymagań zdecydowano wykonać szybkoobrotowy trójłopatowy silnik wiatrowy. Jego prędkości obrotowe umożliwiają zastosowanie układu bezprzekładniowego z wielobiegunowym generatorem synchronicznym. Poglądowy szkic takiej elektrowni przedstawiono na rys. 1.

Podczas wyboru technologii budowy uwzględniono, że wszystkie podzespoły elektrowni wiatrowej wykonane zostaną w warunkach przydomowego warsztatu. Konieczne do projektowania śmigieł normatywy lub programy komputerowe znajdują się w ogólnie dostępnych źródłach literatury [1, 2, 3].

¹ Marek Bzowski, Lubycza Królewska, e-mail: marekbzowski@interia.pl

² Politechnika Lubelska, Katedra Napędów Elektrycznych, e-mail:w.jarzyna@pollub.pl



Rys. 1. Główne elementy składowe elektrowni wiatrowej

Ster kierunkowy, dzięki specjalnemu osadzeniu, pełni podwójną rolę – ustawiania silnika wiatrowego na wiatr oraz zabezpieczenia w przypadku występowania zbyt dużych prędkości kątowych [6].

2 PROJEKT I WYKONANIE SILNIKA WIATROWEGO

Podstawowe parametry elektrowni wiatrowej obliczono dla wyróżnika szybkobieżności $z=5$. Przy znamionowej prędkości wiatru ($V_w=8$ m/s) prędkość kątowa wału silnika osiąga wartość $\omega \approx 67$ rad/s. Wartość ta jest podstawą obliczeń dla generatora elektrycznego.

W projekcie przyjęto profile lotnicze typu ClarkY. Zapewniają one uzyskanie dobrych parametrów aerodynamicznych, wymagają jednak dokładnego wykonania szablonów i form służących do sporządzenia łopat.

Od dokładności wykonania form zależy sprawne działanie silnika wiatrowego. Na podstawie programu komputerowego [1] można wyznaczyć kąty zaklinowania dla wszystkich przekrojów. Przekroje te zostały wycięte z blachy aluminiowej o grubości 1 mm i posłużyły do wykonania formy dla dolnej i górnej powierzchni łopaty. Po ich złączeniu, sklejeniu, oszlifowaniu i pomalowaniu łopaty zaopatrzone w elementy do mocowania ich do piasty wirnika (rys. 2).



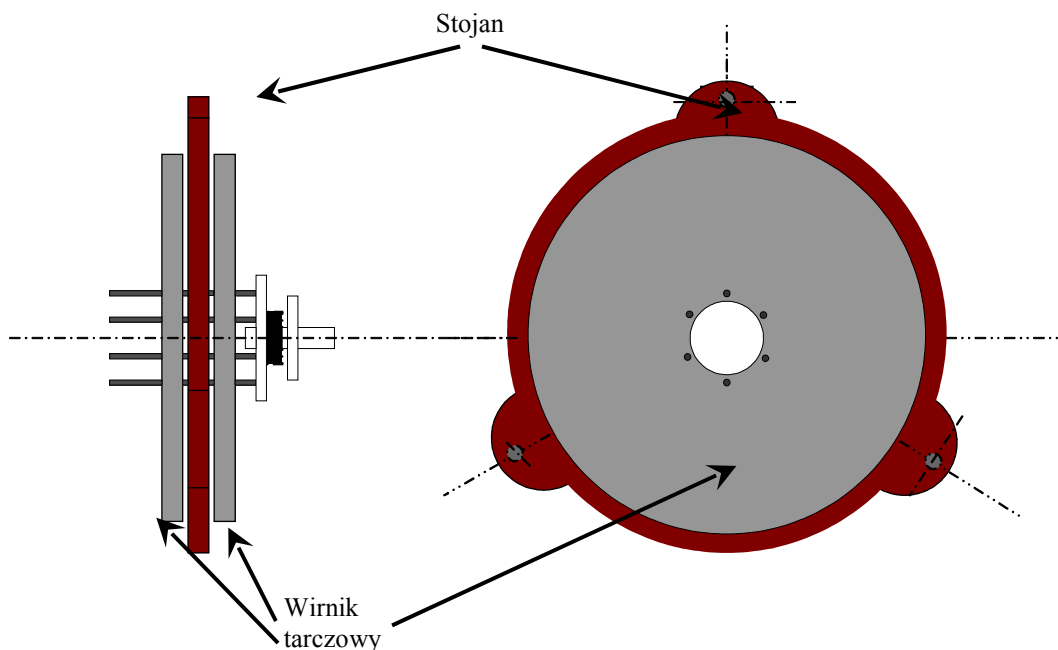
Rys. 2. Łopaty silnika wiatrowego po pomalowaniu

3 PROJEKT I BUDOWA SYNCHRONICZNEGO GENERATORA TARCZOWEGO

Zastosowany generator jest maszyną synchroniczną, wolnoobrotową, trójfazową o wzbudzeniu od magnesów trwałych. Zapewnia to niską prędkość obrotową i uniezależnia układ od zasilania zewnętrznego.

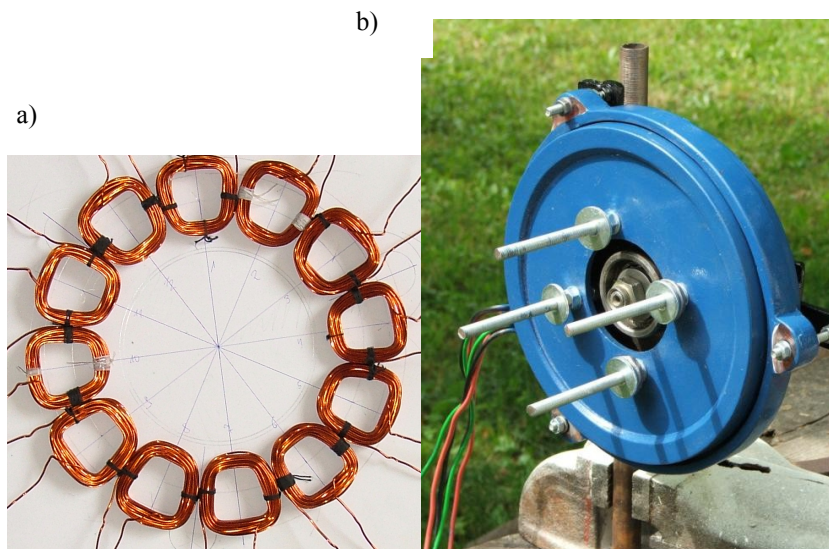
3.1 Budowa generatora

Wirnik generatora zbudowany jest z dwu mocowanych do siebie tarcz (rys. 3). Do obydwu tarcz przyklejone są magnesy trwałe NdFeB 35/5 N35. Rozmieszczone są one równomiernie tworząc ośmiobiegunowe pole magnetyczne.



Rys. 3. Szkic wolnoobrotowego generatora tarczowego

Uzwojenie generatora wykonano jako trójfazowe i umieszczono w formie pokrytej matą szklaną, zalaną następnie żywicą poliestrową. Rozmieszczenie zewojów i liczbę zwojów dobrano tak, aby już przy prędkości wiatru 3 m/s, przy połączeniu układu w gwiazdę i zastosowaniu prostownika mostkowego, generator mógł ładować akumulator 12 V (rys. 4).

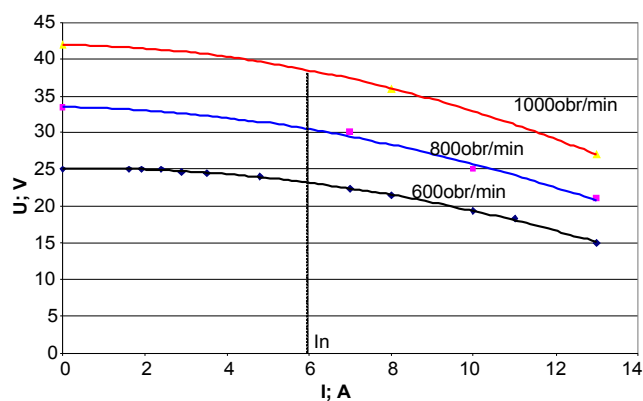


Rys. 4. Generator elektryczny: a) wykonanie uzwojeń stojana, b) gotowy generator

Dwanaście zezwojów generatora, po cztery przypadające na każdą fazę połączone szeregowo. W celu zmniejszenia strat w miedzi, przekrój przewodów dobrano nieco większy, niż wynikało by to z obliczanej mocy znamionowej.

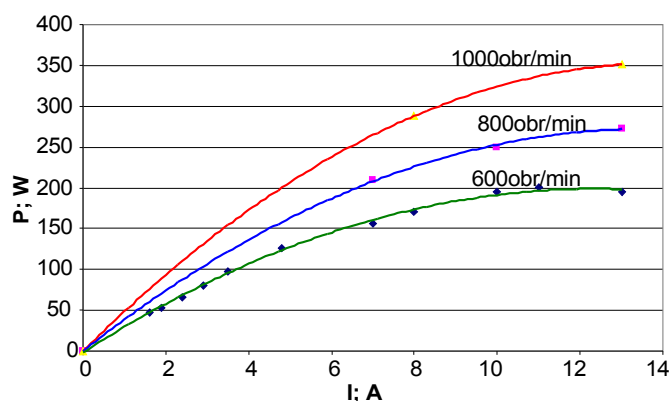
3.2 Badania laboratoryjne generatora

Podczas badań sprawdzających, generator elektryczny umieszczono na stanowisku laboratoryjnym i sprzęgnięto mechanicznie z obcą maszyną elektryczną. Wykonano szereg prób, w tym badania charakterystyk zewnętrznych $U(I)$ przy ustalonych trzech wartościach prędkości obrotowych (rys. 5).



Rys. 5. Charakterystyki zewnętrzne $U(I)$ dla stałych prędkości obrotowych generatora

Przedstawione charakterystyki wskazują istnienie znacznej ich ustepliwosci. Kształtuje się ona w granicach 13 %. Jest to skutkiem stosunkowo dużej rezystancji obwodów stojana. Wydaje się jednak, że dla badanej elektrowni wiatrowej, która pracuje ze zmienną w szerokich granicach prędkością kątową, nie stanowi to poważnego problemu. Wahania napięcia wskutek zmiennej prędkości są bowiem zdecydowanie większe od wpływu obciążenia. Wydaje się, że podczas normalnej pracy ustepliwosc charakterystyk nie będzie stanowiła poważnego problemu.



Rys. 6. Charakterystyki mocy generatora $P(I)$ dla ustalonych prędkości kątowych wału przy szacowanych prędkościach wiatru odpowiednio 12,5 m/s, 10 m/s, 7,5 m/s

Uzyskane charakterystyki mocy (rys. 6) podczas prób obciążeniowych wskazują, że generator może wytwarzać znacznie większą energię niż znamionowe 120 W przy prędkości wiatru 8 m/s. Zastosowanie większego przekroju drutu nawojowego sprzyja temu zadaniu. Bez przekraczania dopuszczalnych ciągłych obciążeń generatora ($I_n \approx 6A$), może być on obciążony mocą niemal dwukrotnie większą przy prędkości wału 1000 obr/min.

4 PODSUMOWANIE

Zaprojektowana i wykonana elektrownia wiatrowa małej mocy (rys. 7) jest przykładem, że nawet w warunkach amatorskich można wykonać prostą i taną konstrukcję tego typu. Oczywiście nie ma ona żadnego znaczenia energetycznego, zaspokoić może jednak oczekiwania grona osób poszukujących niezależnego źródła energii na terenach ich pozbawionych, np. domki letniskowe, tablice informacyjne, ogrody czy zasilanie stacji badawczych w terenach trudno dostępnych. Ważną cechą jest możliwość tworzenia autonomicznych hybrydowych sieci elektrycznych korzystających dodatkowo z energii ogniw fotowoltaicznych i generatorów spalinowych.

Uzyskane doświadczenia podczas budowy tej elektrowni wiatrowej stanowią ważne doświadczenie, które będzie wykorzystane do następnych tego typu konstrukcji.



Rys. 7. Kompletna elektrownia wiatrowa podczas prób

5 LITERATURA

1. Baranowicz Krzysztof: *Program do obliczeń silników wiatrowych „wiatrak 1.1”*, <http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/>.
2. Hansen Martin: *Aerodynamics of Wind Turbines* Technical University of Denmark, Lyngby, Published by James and James Ltd. 2000.
3. Jagodziński W.: *Silniki wiatrowe*, PWT, Warszawa 1959
4. Jarzyna W., Różycki M., Zhe Chen, Spooner E.: *Modern wind power conversion systems and control*. Z. 41/2000. Electric driving systems supplied from unconventional power sources. Selected problems. Seria Wyd. Postępy Napędu Elektrycznego i Energoelektroniki. PAN, Komitet Elektr., Lublin.2000.
5. Premicz Paweł: *Elektrownie wiatrowe*. internetowy serwis informacyjny, <http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/>, 2004-2005
6. Picoturbine”, <http://www.picoturbine.com/>, 2004
7. Wind Energy Department of Risoe National Laboratory and Det Norske Veritas: *Guidelines for Design of Wind Turbines*, Copenhagen 2001

TRANSPORTABLE SMALL WIND POWER PLANT

The paper presents small wind power station. It has been designed for tourist purposes. Therefore the overall dimension are small and the plant under dismantle can be packed into the car. For a 8 m/s wind speed the output power plant reaches 130 W. Although it can work even under double load. As a generator, authors designed permanent magnet disk rotor synchronous machine. It allows to charge 12 V battery even at 3 m/s wind speed.