

ANALIZA PRACY MODELU WOLNOOBROTOWEJ SIŁOWNI WIATROWEJ UMIESZCZONEJ W KONFUZORZE

Leszek Romański

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań modelu wolnoobrotowej siłowni wiatrowej pracującej w konfuzorze. Testowano wpływ rodzaju wirników (różniły się kątami zagięcia łopatek), wielkość szczeliny pomiędzy wirnikiem a obudową konfuzora oraz prędkość strugi powietrza na generowaną przez tę siłownię moc. Najwyższe wartości mocy uzyskano wtedy, gdy kąt skrzywienia łopatek wynosił 40° a szczelina była bliska zeru.

Słowa kluczowe: siłownia wiatrowa, wirniki wielołopatkowe, konfuzor, moc siłowni wiatrowej

Wstęp

Coraz częściej pojawia się konieczność ciągłego zasilania energią elektryczną małej mocy, rzędu 0,5-2 kW, obiektów, które znajdują się poza zasięgiem linii przesyłowych prądu elektrycznego. Te obiekty to przykładowo: stacje monitorujące obszary leśne i ciągi autostradowe, systemy podświetleniowe znaków drogowych i tablic reklamowych, stacje hydrologiczno- meteorologiczne, stacje ładowania akumulatorów, suszarnie rolnicze, napowietrzania stawów rybnych itp.

Instalowanie ogniw fotowoltaicznych, z uwagi na ich bardzo niską sprawność i wysoki koszt wytwarzania jest obecnie nieuzasadniony [Filipowicz 2002; Akhamov 2006]. Wydaje się więc, że racjonalnym rozwiązaniem jest instalowanie w pobliżu tych obiektów miniaturowych siłowni wiatrowych [Lee 2000]. O powszechności i zasadności stosowania tych urządzeń decydować będzie koszt ich wytwarzania. Jednym z głównych elementów konstrukcji siłowni wpływających na ten koszt jest wirnik siłowni budowany najczęściej w formie zbliżonej do śmigła lotniczego. Celem obniżenia tych kosztów autor zastosował łatwe w wykonaniu wirniki tarczowe. Zwiększenie mocy urządzenia planuje się poprzez umieszczenie siłowni w konfuzorze. Dzięki takiemu rozwiązaniu pozyskiwana moc wiatru będzie większa o kilkadziesiąt procent w stosunku do rozwiązań klasycznych.

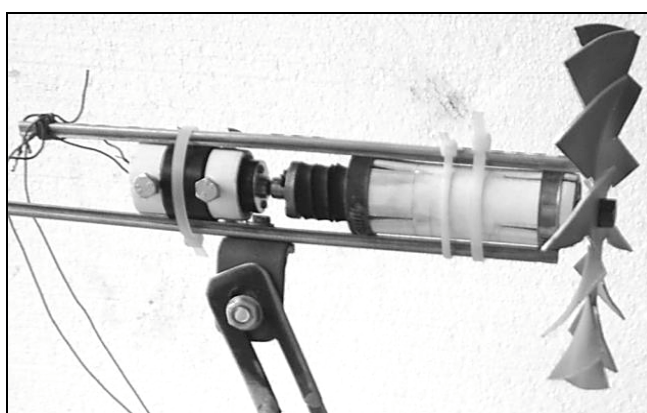
Cel badań

Celem badań była analiza pracy modelu siłowni wiatrowej zainstalowanej w konfuzorze. Dla porównania uzysków energetycznych pracowała ona także jako wolnostojąca. Do

napędu siłowni zastosowano wirniki tarczowe. W czasie testowania zamierzano określić wpływ konstrukcji tych wirników jak i ich parametrów geometrycznych na generowaną moc przez obie siłownie wiatrowe.

Przedmiot badań i metodyka badań

Obiektem badań był model siłowni wiatrowej o poziomej osi obrotu wirnika, typu up-wind. Rolę generatora pełnił silnik elektryczny prądu stałego marki ESCAP model 22N-28-210E-101 oraz w przekładnia zębata K24 o przełożeniu 20:1 (rys. 1).

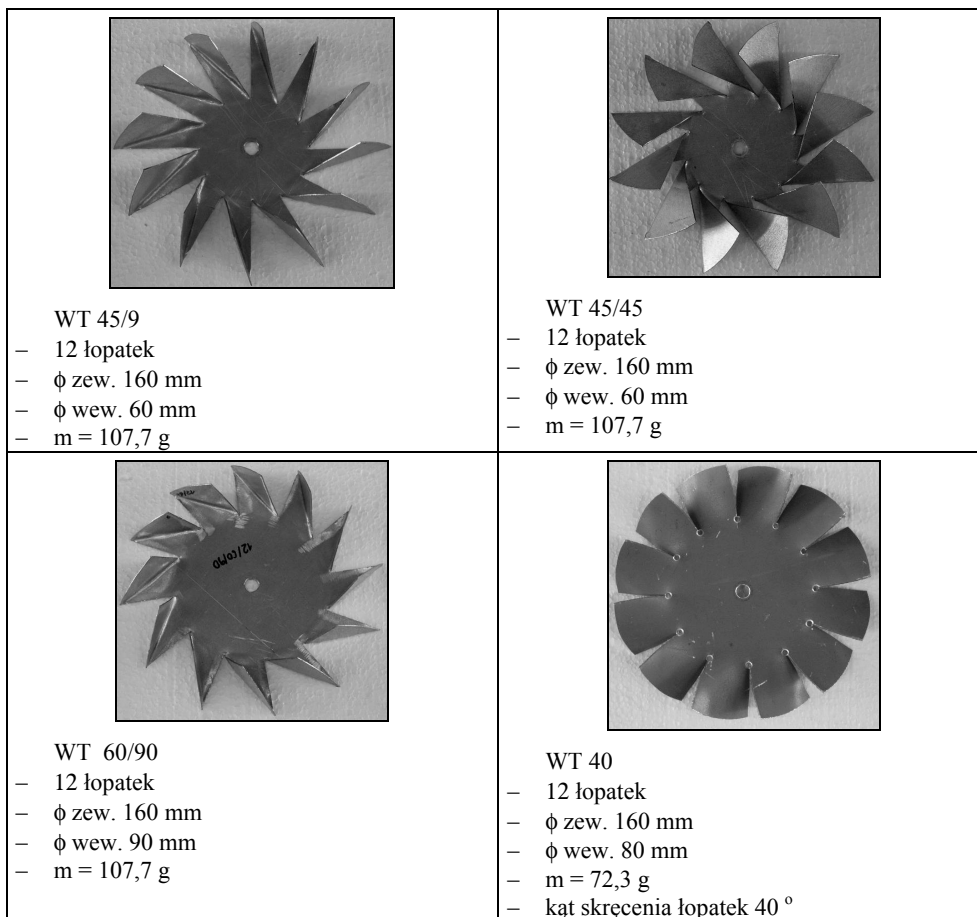


Rys. 1. Model siłowni wiatrowej wyposażonej w wirnik tarczowy
Fig. 1. Model of wind power plant equipped with disk type impeller

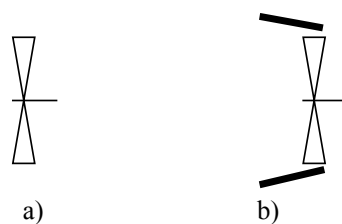
Generator prądu napędzany był wirnikiem tarczowym. Stosowane różne warianty budowy konstrukcji wirników przedstawiono na rysunku 2. Oznaczenie WT oznacza wirnik tarczowy, pierwsza liczba zaś kąt gięcia łopaty mierzony w stosunku do promienia wirnika. Druga liczba oznacza kąt zagięcia łopaty mierzony w stosunku do płaszczyzny leżącej na powierzchni czołowej blachy. W przypadku wirnika siłowni W40 liczba 40 oznacza kąt skręcenia łopaty.

Urządzenie pracowało w dwóch konfiguracjach. Pierwsza to układ klasyczny (rys 3a) będący jednocześnie punktem odniesienia dla konstrukcji drugiej. W drugiej siłowni umieszczona była w konfuzorze (rys. 3b).

W przypadku drugiej konfiguracji istotnym było ustalenie w jakiej odległości od płaszczyzny wylotowej z konfuzora powinien znajdować się wirnik. W celu znalezienia najkorzystniejszego położenia (maksymalna moc urządzenia) wykonano badania wstępne dla szczelin (odległość pomiędzy płaszczyzną wylotową z konfuzora a płaszczyzną wirnika): 22mm, 12 mm, 0 i 16 mm (za konfuzorem). Położenie wirnika siłowni względem konfuzora przedstawiono na rysunku 4.

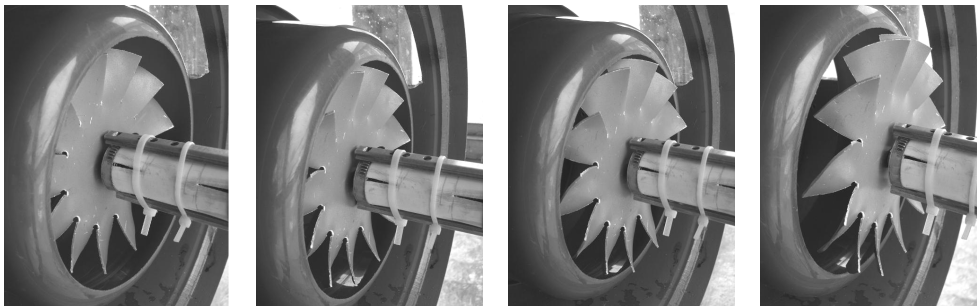


Rys.2. Konstrukcje testowanych wirników
Fig. 2. Designs of tested impellers



Rys. 3. Konfiguracje pracy urządzenia: a – układ pracy klasyczny, b – siłownia umieszczona w konfuzorze

Fig. 3. Plant operation configurations: a – conventional work configuration, b – power plant installed in a confusor converging cone



Rys. 4. Położenie wirnika względem konfuzora
Fig. 4. Impeller position in relation to confusor converging cone

Stanowisko badawcze

Testowanie urządzenia przeprowadzono w Instytucie Inżynierii Rolnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W skład stanowiska badawczego wchodziły: tunel aerodynamiczny o długości 3,51 m o otwartym obiegu powietrza (rys. 5). Dokładny opis urządzenia przedstawiono w pracy [Charkiewicz, Romański 2007].

Prędkość strugi powietrza zmieniano w zakresie $6\text{--}15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Przepływ miał charakter laminarny.



Rys. 5. Stanowisko badawcze
Fig. 5. Test stand

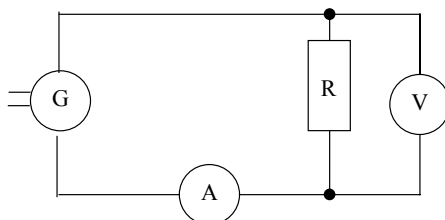
Pomiar mocy modelu siłowni wiatrowej

Do pomiaru mocy generowanej przez model siłowni zbudowano obwód elektryczny przedstawiony na rysunku 6. W jego skład wchodził szeregowo włączony amperomierz, równolegle włączony woltomierz oraz opornica suwakowa o rezystancji $R=280\ \Omega$. Generowaną moc czynną obliczono ze wzoru

$$N = U \cdot I \text{ [W]}$$

gdzie:

- N – moc siłowni [W]
- U – napięcie na zaciskach generatora [V]
- I – natężenie prądu [mA]



Rys. 6. Schemat pomiarowy do obliczania mocy modelu siłowni: G – generator napięcia, R – opornica $280\ \Omega$, V – woltomierz, A – amperomierz

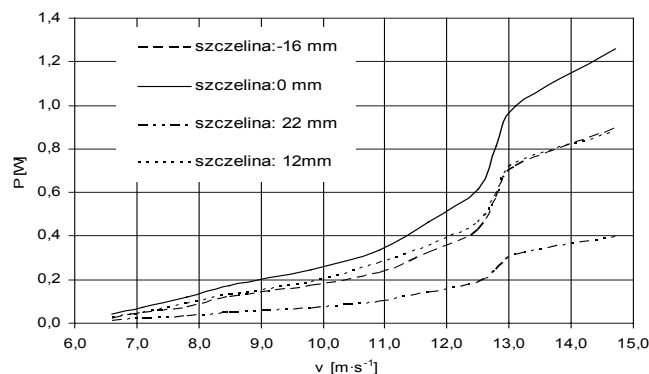
Fig. 6. Measurement diagram allowing to compute power output for wind power plant model: G – voltage generator, R – resistor $280\ \Omega$, V – voltmeter, A – ammeter

Dla określenia sumarycznego błędu popełnianego (niepewność) przy obliczaniu mocy modelu siłowni wiatrowej zastosowano metodę różniczki zupełnej [Poprawski, Saleja 1999].

Niepewność oceny mocy wynosiła $25\ \text{mW}$ a największy udział w niej, bo wynoszący aż 67% , ma niepewność pomiaru natężenia prądu.

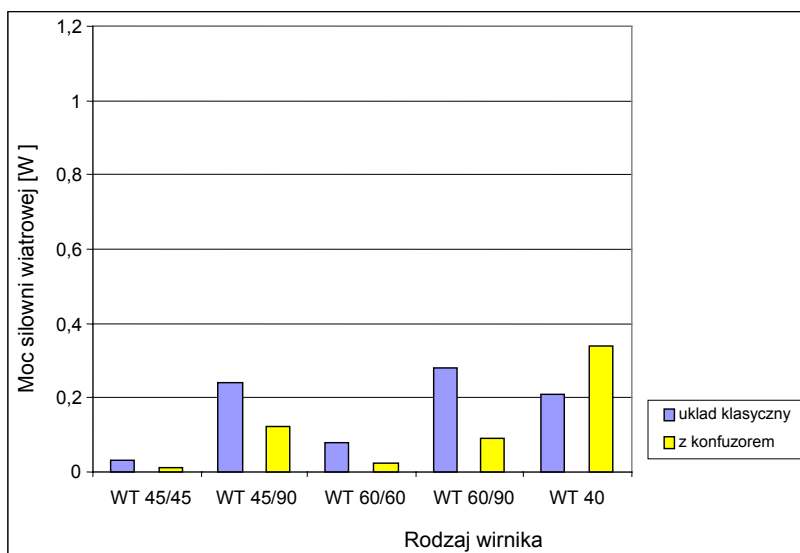
Wyniki badań i ich analiza

Przed zasadniczym testowaniem różnych konstrukcji urządzenia wykonano badania mające na celu określenie optymalnej szczeliny charakteryzującej rozwiązanie w którym siłownia umieszczona była w konfuzorze. W całym zakresie stosowanych prędkości strugi powietrza (rys. 7) siłownia generowała największą moc wtedy gdy szczelina pomiędzy płaszczyzną wylotową z konfuzora a płaszczyzną wirnika była bliska zera. W dalszych badaniach wykorzystywano tylko to ustawienie. Drugim ważnym spostrzeżeniem jest fakt, że sprawność konfuzora znacznie wzrasta po przekroczeniu prędkości strugi $12,5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zdaniem Kuczewskiego [1976] wartością progową jest $14\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Rys. 7. Zależność uzyskanej mocy od wielkości szczeliny wirnik – konfuzor (wirnik WT 40)
 Fig. 7. Relationship between obtained power output and size of gap (impeller - confusor converging cone) (impeller: WT 40)

Na nomogramie (rys. 8) zestawiono moce generowane przez siłownie wiatrowe wyposażone w 5 rodzajów wirników tarczowych i pracujące w dwóch różnych konfiguracjach: w układzie klasycznym, i w konfuzorze. Z zestawienia wynika, że największe moce są osiągnięte wtedy gdy siłownia pracuje w konfuzorze a wirnik ma łopatki pochylone pod kątem 40°. Nieznacznie, bo o 7% mniejsze moce generowała siłownia klasyczna (bez konfuzora) o wirniku tarczowym o kątach łopat 60/90°.



Rys. 8. Histogram mocy siłowni wiatrowej wyposażonej w 5 rodzajów wirników. Prędkość strugi 10 m·s⁻¹
 Fig. 8. Power output histogram for wind power plant equipped with 5 impeller types. Stream velocity: 10 m·s⁻¹

Wnioski

1. Największe moce siłownia wiatrowa generowała wtedy gdy wyposażona była w wirnik tarczowy i umieszczona była w konfuzorze. Szczelina pomiędzy płaszczyzną wylotową z konfuzora a płaszczyzną wirnika musi wynosić około zera. Nieznacznie mniejsze moce (o 7%) generowała siłownia klasyczna (bez konfuzora) oznaczona WT 60/90.
2. Największe sprawność siłownia wyposażona w konfuzor uzyskuje wtedy gdy prędkości strugi przekracza $12,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Bibliografia

- Akhmatova V, Knudsen H, Nielsen A. 2000. Advanced simulation of windmills in the electric power supply. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. No 22(6). p 421-434.
- Charkiewicz M., Romański L. 2007. Praca siłowni wiatrowej w obudowie rurowej. IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej. s. 50- 53.
- Filipowicz M. 2004. Małe turbiny wiatrowe. *Nafta & Gaz Biznes*. Nr 4. s. 62- 64
- Kuczewski S. 1978. Wentylatory. WNT. Warszawa.
- Lee E. 2000. Optimization of Turbomachinery Airfoil Shapes in Viscous Unsteady Compressible Flows. PhD.diss. Pennsylvania State University.
- Poprawski R., Saleja W. 1999. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. OW PWR. Wrocław.

WORK ANALYSIS FOR A MODEL OF A SLOW-SPEED WIND POWER PLANT INSTALLED IN A CONFUSOR CONVERGING CONE

Abstract. The paper presents test results for the model of a slow-speed wind power plant working in a confusor converging cone. The researchers tested the impact of impeller type (differing in vane bending angles), size of gap between rotor and confusor converging cone casing, and air stream velocity on power generated by that plant. Highest power values were obtained for vane rotation angle 40° and gap size approaching zero.

Key words: wind power plant, multi-vane impellers, confusor converging cone, power generated by wind power plant

Adres do korespondencji:

Leszek Romański; e-mail: leszek.romanski@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław