

## WPŁYW KONFUZORA NA MOC SIŁOWNI WIATROWEJ UMIESZCZONEJ W OBUDOWIE RUROWEJ

Maciej Charkiewicz, Leszek Romański

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań modelu siłowni wiatrowej pracującej w obudowie rurowej z zainstalowanym konfuzorem. Testowano wpływ względnej średnicy jak i długości konfuzora na generowaną moc przez tę siłownię. Najwyższe wartości mocy uzyskano wtedy, gdy względna średnica konfuzora wynosiła 1,6, a względna długość 0,2.

**Słowa kluczowe:** siłownia wiatrowa, obudowa rurowa, konfuzor, moc siłowni

### Wstęp

W wielu przypadkach takich jak przy zasilaniu stacji: hydrologiczno-meteorologicznych monitorujących obszary leśne, ciągi autostradowe, przy napędzie suszarń, napowietrzaniu stawów rybnych, dostarczaniu energii do obiektów agroturystycznych, konieczne jest doprowadzenie prądu elektrycznego niewielkich mocy rzędu 0,5-2 kW. Budowa sieci przesyłowej do odległych jednostkowych odbiorników jest ekonomicznie nieuzasadniona. Instalowanie ogniw fotowoltaicznych z uwagi na ich bardzo niską sprawność i wysoki koszt wytwarzania jest także nieuzasadniony [Filipowicz 2002; Akhmov 2006].

Wydaje się, więc, że racjonalnym rozwiązaniem jest instalowanie w pobliżu tych obiektów miniaturowych siłowni wiatrowych [Lee 2000].

Konstrukcje takie pojawiły się już w krajach wysokorozwiniętych a szczególnie w Niemczech. Typowa średnica wirnika nie przekracza zwykle 2 m. Moc urządzenia rzędu 0,2-1 kW nie zawsze odpowiada oczekiwaniom odbiorców. Wygenerowanie większej mocy, przy niezmiennej sile wiatru, jest możliwe głównie poprzez zwiększenie średnicy wirnika, gdyż jak wynika z teorii wpływa ona na moc urządzenia w drugiej potęgze.

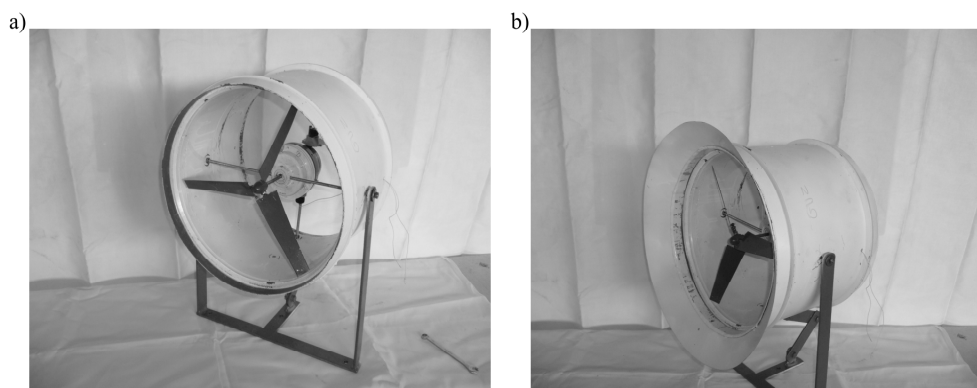
Aby zwiększenie mocy siłowni wiatrowej osiągnąć nie kosztem zwiększenia jej wymiarów, zaproponowano nowe rozwiązanie polegające na umieszczeniu siłowni w obudowie rurowej [Charkiewicz, Romański 2007]. Dzięki takiemu rozwiązaniu pozyskiwana moc wiatru jest w stosunku do siłowni wolnostojącej większa o kilkadziesiąt procent. Zdaniem autorów dalszy wzrost efektywności urządzenia będzie możliwy wyposażeniu obudowy rurowej w konfuzor.

### Cel badań

Celem badań było określenie wpływu parametrów geometrycznych konfuzora na generowaną moc siłowni wiatrowej umieszczonej w obudowie rurowej.

## Metodyka i przedmiot badań

Przedmiotem badań były model siłowni wiatrowej trzyłopatowej umieszczonej w obudowie rurowej z zamontowanym konfuzorem (rys. 1). W każdym wariantcie pomiarowym średnicach wirnika siłowni wynosiła 338 mm, a średnica obudowy rurowej 340mm. Dla sprawdzenia wpływu średnicy wlotowej konfuzora na generowaną moc przez siłownię zbudowano konfuzory o średnicach: 345, 438, 500, 550, 600 mm. Jego zmieniana w trakcie testów długość wynosiła zaś: 70, 140, 210 mm. Większych długości nie stosowano, gdyż z literatury wynika, że stosunek długości do średnicy wylotowej nie powinien być większy niż 0,6 [Dzierżanowski 1999]. Z tego względu, że w dalszym etapie badań planuje się zbudowanie uniwersalnego modelu matematycznego opisującego pracę siłowni, w opracowywaniu wyników badań modelu siłowni posługiwano się wymiarami względnymi, dzięki temu w budowie przyszłych konstrukcji, o większych wymiarach, będzie można korzystać z podobieństwa geometrycznego.



Rys. 1. Modele siłowni wiatrowych: a - zamontowanej w obudowie rurowej, b - w zabudowie rurowej wyposażonej w konfuzor

Fig. 1. Models wind power plants: a – mounted inside a piping enclosure, b – mounted inside a pipeline enclosure equipped with a confusor

Względną średnicę konfuzora  $i_k$  zdefiniowano jako stosunek jego średnicy wlotowej do średnicy obudowy, i w tym przypadku wynosiła ona: 1; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8.

Względna długość  $j_k$  zaś to stosunek długości konfuzora do średnicy obudowy. Stosunek ten wynosił: 0,2; 0,4; 0,6.

Jako generatora prądu użyto samowzbudnej jednofazowej prądnicy prądu przemiennego stosowanej w wirówkach firmy Janecki, jako czujnika obrotów.

Badania przeprowadzono w tunelu aerodynamicznym o średnicy 0,7 m i długości 4 m (rys. 2). Prędkość strugi powietrza przepływająca przez turbinę zawarta była w granicach 0-4,5 m.



Rys. 2. Stanowisko badawcze  
Fig. 2. Testing stand

Z tego względu, że bezpośredni pomiar mocy badanej siłowni na wale wirnika (poprzez rejestrację momentu obrotowego i prędkości obrotowej) jest bardzo kłopotliwy i wprowadzający dodatkowe zakłócenia w przepływie powietrza zdecydowano, że dla porównania efektów pracy poszczególnych wariantów konstrukcji badanego urządzenia posłuży mierzona moc czynna prądu  $P$  generowanego przez prądnicę.

$$N \approx P = U \cdot I \cos \varphi \quad [\text{W}]$$

Ponieważ dla obciążanego opornika  $\cos \varphi = 1$  to ostatecznie przyjęto

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

gdzie:

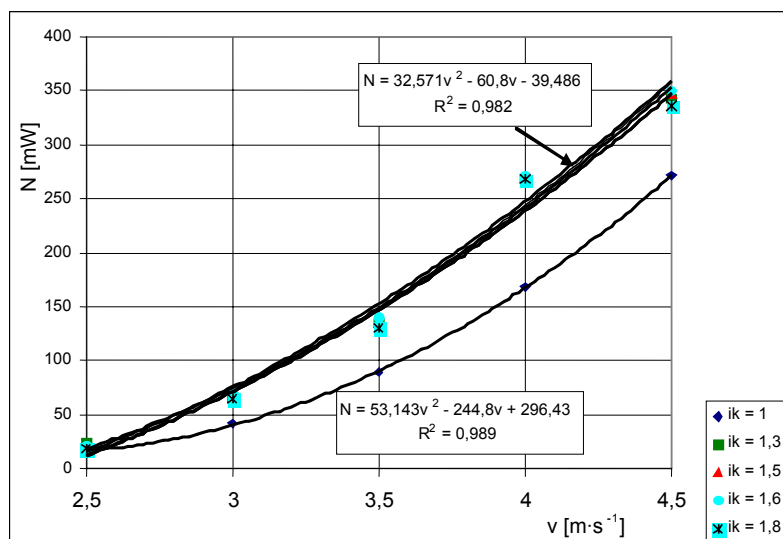
- N – moc siłowni wiatrowej,
- U – napięcie prądu
- I – natężenie prądu

Wyliczona metodą różniczki zupełnej niepewność oceny mocy [Poprawski, Saleja 1999] wynosi 15 mW, a największy udział w niej, bo wynoszący aż 67%, ma niepewność pomiaru natężenia prądu.

Prędkość strugi powietrza mierzono anemometrem skrzydełkowym o dokładności pomiaru  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Napięcie i natężenie generowanego prądu przez prądnicę miernikiem prądu MIX, którego dokładności pomiaru wynosiły odpowiednio: 0,1 V i 0,0001 A. Temperatura i wilgotność powietrza były stabilne, gdyż pomiary wykonywane były w laboratorium a powietrze zasysane z hali maszyn.

## Wyniki badań i ich analiza

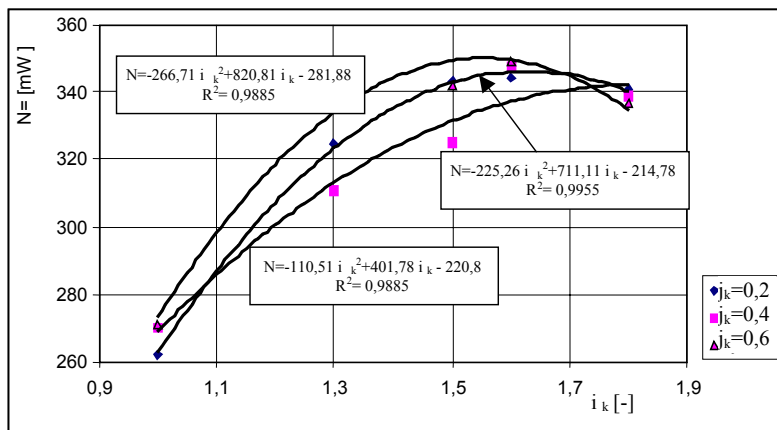
Zależność mocy generowanego prądu przez model siłowni wiatrowej w funkcji prędkości strugi powietrznej, przy różnych względnych średnic konfuzora, przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Zależność mocy siłowni wiatrowej z zamontowanym konfuzorem od prędkości strugi powietrza  
 Fig. 3. Dependence of the power of the wind power plant with a confusor installed on the air-stream rate

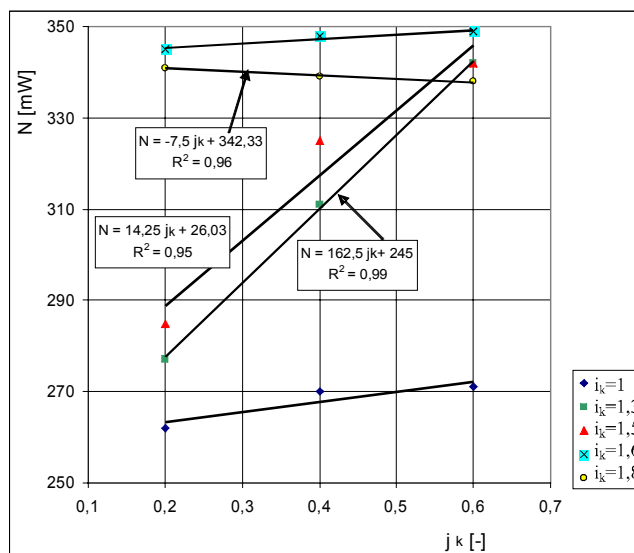
Moc rośnie wraz ze wzrostem prędkości, co jest oczywiste, gdyż jak wynika z teorii, prędkość jest w trzeciej potęgze. Przy większych prędkościach ta krzywa będzie jeszcze bardziej „stroma”. Charakterystycznym jest, że przy małych względnych średnicach konfuzora te przyrosty są najmniejsze. Dokładniej wpływ względnej średnicy na generowaną moc obrazuje rysunek 4. Zależności zestawiono dla różnych względnych długości konfuzora. Z przebiegu krzywych wynika, że przyrost mocy wraz ze wzrostem prędkości następuje jedynie do wartości  $i_k = 1,6$ . Przekroczenie tej wartości powoduje spadek mocy urządzenia. Odstępstwem jest tu zależność charakteryzująca konfuzor o względnej długości  $j_k = 0,2$ , lecz nie jest to istotne, gdyż z punktu widzenia praktycznego najważniejszym jest to, że największe uzyski mocy są wtedy, gdy względna długość konfuzora jest najmniejsza, czyli w tym przypadku wynosząca 0,2. Informacja ta ma duże znaczenie tak z punktu ułatwionego wykonawstwa tego elementu jak i ze względu na niskie koszty produkcji.

Zarówno na rysunku 3 jak i 4 zależności mają charakter krzywoliniowy i mogą być opisane równaniami kwadratowymi. Charakteryzuje je bardzo wysoki współczynnik determinacji  $R^2 = 0,98$  przekraczający.



Rys. 4. Zależność mocy siłowni wiatrowej od względnej średnicy konfuzora  
 Fig. 4. Dependence of the power of the wind power plant on the relative diameter of a confuser

Na rysunku 5 przedstawiono zależność mocy generowanej przez siłownię od względnej długości konfuzora. Krzywe wykreślono dla względnych średnic konfuzora z zakresu 1 do 1,8. Rysunek ten utwierdza we wcześniejszym stwierdzeniu, że najkorzystniej ze względu na pozyskiwaną moc przez siłownię wiatrową jest, jeśli długość względna dyfuzora nie przekracza 0,2.



Rys. 5. Zależność mocy siłowni wiatrowej od względnej długości konfuzora  
 Fig. 5. Dependence of the power of the wind power plant on the relative length of a confuser

Jest prawdopodobne, że zmniejszenie tej wartości pozwoli na uzyskanie jeszcze wyższej wartości mocy. Należy mieć jednak na uwadze, że realizacja praktyczna będzie trudna a jak wynika z przebiegu prostej dla  $i_k=1,6$  przyrost mocy będzie niewielki. Zupełne zrezygnowanie z konfuzora nie wchodzi w rachubę, bo to oznaczałoby, że  $j_k=0$ , a wtedy średnica względna konfuzora wynosiłaby  $i_k=1$ . Analizowany wcześniej rysunek 3 wartość taką wyklucza jako najmniej korzystną.

## Wnioski

Najwyższe wartości pozyskiwanej mocy przez siłownię wiatrową pracującą w obudowie rurowej zarejestrowano wtedy gdy:

1. względna średnica konfuzora odpowiada wartości 1,6,
2. względna długość konfuzora wynosi 0,2.

## Bibliografia

- Akhmatov V. 2006. Induction generators for wind power. Vorg Inc
- Charkiewicz M., Romański L. 2007. Praca siłowni wiatrowej w obudowie rurowej. Materiały konferencyjne na IX Międzynarodowej konferencji Naukowej Pt. „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej”. Polanica Zdrój.
- Filipowicz M. 2004. Małe turbiny wiatrowe. Nafta & Gaz Biznes.
- Lee E. 2000. Optimization of Turbomachinery Airfoil Shapes in Viscous Unsteady Compressible Flows. Pennsylvania State University.
- Poprawski R., Saleja W. 1999. Zasady opracowania wyników pomiarów. Oficyna wydawnicza PW. Wrocław.

## THE EFFECT OF A CONFUSOR ON THE POWER OF A WIND POWER PLANT PLACED INSIDE A PIPING ENCLOSURE

**Abstract.** The paper presents the results of testing a model wind power plant operating inside a piping enclosure with a confusor installed. The effect of the relative diameter and length of the confusor on the power generated by that wind power plant was investigated. The greatest power values were obtained when the relative diameter of the confusor was 1.6 and the relative length was 0.2.

**Key words:** wind power plant, piping enclosure, confusor, power of the wind power plant

### Adres do korespondencji:

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