

# Prototyp badawczy małej turbiny wiatrowej z układem do wielosiowego pomiaru drgań

Szafrński T.<sup>1, a)</sup>, Małachowski J.<sup>1, b)</sup> Damaziak K.<sup>1, c)</sup>, Karczewski M.<sup>2, d)</sup>

<sup>1</sup>Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej,  
ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa

<sup>2</sup>Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Instytut Maszyn Przepływowych,  
ul. Wólczańska 219/223, 90-924 Łódź

<sup>a)</sup>tomasz.szafranski@wat.edu.pl

<sup>b)</sup>jerzy.malachowski@wat.edu.pl

<sup>c)</sup>krzysztof.damaziak@wat.edu.pl

<sup>d)</sup>maciej.karczewski@p.lodz.pl

**Streszczenie.** Opisany w pracy prototyp turbiny jest efektem polsko-norweskiego projektu o akronimie STOW. Konstrukcja dyfuzora turbiny w większości składa się z cienkościennych rur oraz blach. Tego typu struktury podatne są na wzbudzenia dynamiczne pochodzące od wibracji wału oraz oddziaływania wiatru, dlatego istotna jest kontrola ich drgań. Zastosowanie dyfuzora powoduje, że pomiar drgań w jednym punkcie i w jednej osi mógłby być niemiernodajny. By zapewnić lepszą jakość pomiaru wykorzystano dwa trójosiowe czujniki drgań typu MEMS, umieszczone w różnych punktach gondoli.

## WPROWADZENIE

Udział energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł energii w całkowitym zużyciu energii stale rośnie. Ze względu na położenie geograficzne Polski rozwój energii geotermalnej oraz słonecznej jest silnie ograniczony, przez co głównymi źródłami energii odnawialnej są biopaliwa, energia wodna oraz energia wiatrowa.

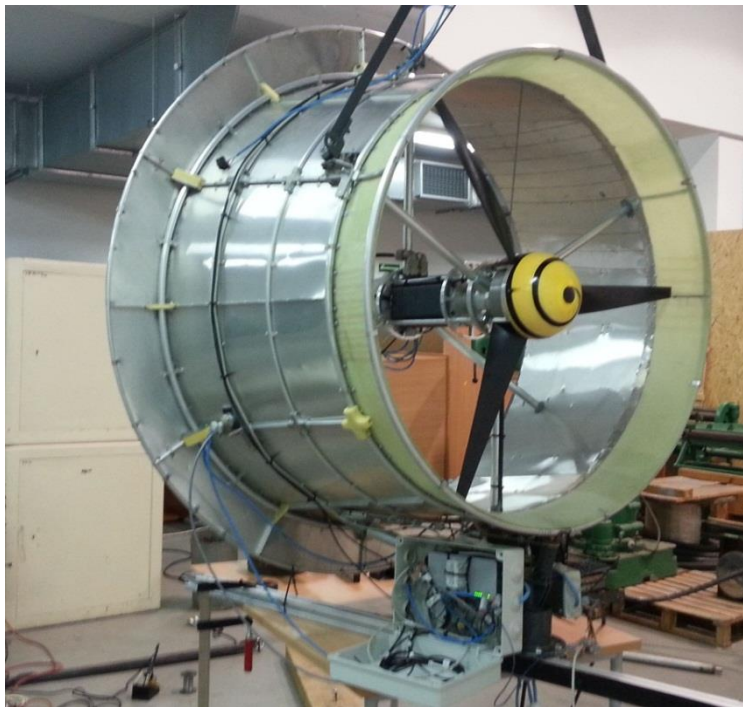
Elektrownie wiatrowe małej mocy określane akronimem SWT (ang. Small Wind Turbine) mogłyby być źródłem prądu w większości polskich gospodarstw, co znacząco odciążałoby istniejącą sieć energetyczną oraz zmniejszyło udział energii pozyskiwanej z paliw kopalnych. Niestety koszt elektrowni wiatrowej małej mocy jest dość znaczny i mało odbiorców indywidualnych może sobie pozwolić na jej zakup. Co więcej dostępne na polskim rynku małe turbiny wiatrowe nie są dobrze przystosowane do polskich warunków wiatrowych. Większość urządzeń jest w stanie sprawnie pracować przy wiatrach o prędkości rzędu  $8 \div 10$  m/s, podczas gdy typowa prędkość wiatru w Polsce to około  $3,5 \div 6$  m/s.

W latach 2013-2016 realizowany był projekt STOW, którego celem było opracowanie małej turbiny wiatrowej zdolnej do efektywnej pracy w polskich warunkach wiatrowych [2]. Jednym z rezultatów projektu było wykonanie prototypu turbiny z dyfuzorem typu DAWT (Diffuser Augmented Wind Turbine). Prototyp turbiny został zainstalowany na dachu budynku Instytutu Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej – jednego z beneficjentów projektu. Wytworzony prototyp cały czas poddawany jest modyfikacjom, jedną z nich jest doposażenie konstrukcji o układ pomiaru drgań w wielu osiach.

## PROTOTYP TURBINY

Prototyp turbiny jest wykonanym w skali 1:2 w pełni funkcjonalnym modelem pełnowymiarowej turbiny opracowanej w ramach projektu STOW. Budowa prototypu różni się jednak od podstawowej wersji. Potrzeba badań na obiekcie wymaga by był on wyposażony w dodatkowe oprzyrządowanie. Prototyp turbiny wykorzystuje

serwomotor prądu trójfazowego przemiennego, który może pracować zarówno w trybie prądnicy jak i w trybie silnika. Serwomotor sterowany jest przy użyciu dedykowanego sterownika oraz falownika, posiada moc znamionową 1570W, wbudowany enkoder oraz hamulec tarczowy. Pomiędzy wirnikiem turbiny, a silnikiem zamontowany jest mechaniczny momentomierz umożliwiający pomiar mechanicznego momentu obrotowego. Tego typu pomiar jest dokładniejszy od obliczania momentu obrotowego na podstawie osiągniętej mocy i prędkości obrotowej. Turbina jest wyposażona w dodatkowy hamulec bębnowy oddziałujący bezpośrednio na wirnik. Hamulec ten umożliwia zatrzymanie turbiny na przykład w przypadku uszkodzenia połączenia z silnikiem, a więc również z hamulcem zasadniczym. Hamulec sterowany jest mechaniczno-pneumatycznie, a jego zaciśnięcie odbywa się zdalnie za pomocą elektrozapora pneumatycznego.



**RYSUNEK 1.** Prototyp małej turbiny wiatrowej w trakcie montażu układu do pomiaru drgań

## **UKŁAD POMIARU DRGAŃ**

Układ pomiarowy składa się z dwóch trójosiowych mikro-elektromechanicznych akcelerometrów (MEMS), ekranowanych przewodów sygnałowych, zespołu aktywnych dolnoprzepustowych filtrów analogowych, analogowej karty pomiarowej National Instruments NI9205 oraz modułu Wi-fi National Instruments Cdaq 9191. Dane rejestrowane przez kartę NI9205 przesyłane są za pośrednictwem modułu Cdaq 9191 z wykorzystaniem sieci bezprzewodowej do komputera klasy PC. Akwizycja oraz obróbka danych jest dokonywana w środowisku Ni-Labview. Sterowanie silnikiem przy pomocy falownika generuje silne zakłócenie elektromagnetyczne. Filtrowanie sygnałów na etapie postprocesingu wymagałoby kilkudziesięciokrotnie większych częstotliwości próbkowania niż rzeczywiście potrzebne. By temu zapobiec zdecydowano wykorzystać analogowy zespół filtrujący oparty o aktywne filtry Butterwortha ósmego rzędu, który ograniczy zakłócenia sygnału bez ryzyka wprowadzenia aliasów wyższych częstotliwości. Zespół filtrujący oraz program do akwizycji są zaprojektowane i wykonane przez Autorów. Akcelerometry umieszczone są w z przodu oraz tyłu gondoli silnika umożliwiają porównania intensywności drgań w różnych punktach konstrukcji.

## **PODZIĘKOWANIA**

Praca zrealizowana została w ramach projektu Small Wind Turbine Optimized for Wind Low Speed Conditions Pol-Nor/200957/47/2013 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz projektu RMN 722/2017