

Nr 98/2017, 57–63
ISSN 1644-1818
e-ISSN 2451-2486

STANOWISKO BADAWCZE DO POMIARU FALOWANIA I WIATRU NA JEZIORZE

SYSTEM FOR WIND AND WAVES MEASUREMENT ON THE LAKE

Witold Gierusz*, **Andrzej Rak**, **Piotr Sikora**

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81–87, 81-581 Gdynia, Wydział Elektryczny,
Katedra Automatyki Okrętowej

e-mail: {w.gierusz; a.rak; p.sikora} @we.am.gdynia.pl

* Adres do korespondencji/Corresponding author

Streszczenie: W artykule omówiono budowę stanowiska badawczego do pomiaru falowania i wiatru na jeziorze. Pomiar zakłóceń wiatrowych wykonywany jest dwoma anemometrami ultradźwiękowymi. Do pomiaru falowania wykorzystano czujnik pojemnościowy, zmieniający swoją pojemność w zależności od zanurzenia w wodzie. System mikroprocesorowy umieszczony w mierniku zapewnia pośredni pomiar pojemności czujnika falowania, wraz z odczytem parametrów wiatru z anemometru.

Słowa kluczowe: pomiar wiatru, pomiar falowania, zakłócenia środowiskowe, anemometr, układ mikroprocesorowy.

Abstract: The paper describes the measurement system of wind and waves on the lake. Wind speed, direction and waves height are measured in order to build simulation model of environmental disturbances of the ship model control process on the lake. Two ultrasonic anemometers were installed in the unit along with the originally designed system for measurement of the wave height. The first exemplary results recorded on the lake are presented at the end of the paper.

Keywords: wind measurement, waves measurement, environmental disturbances, anemometer, microprocessor unit.

1. WSTĘP

Podczas precyzyjnego sterowania statkiem przy niewielkich prędkościach oraz w czasie wykonywania zadania dynamicznego pozycjonowania istotnym czynnikiem ograniczającym jakość sterowania są zakłócenia zewnętrzne [Morawski 2007]. Aby zbudować układ regulacji, który byłby w stanie kompensować je w skuteczny sposób, potrzebne są informacje o statystycznej charakterystyce tych

zakłóceń. Wiarygodnym sposobem uzyskania odpowiednich rozkładów gęstości prawdopodobieństwa są badania eksperymentalne na akwenach wodnych, będących w przyszłości miejscem testów układów sterowania. Pierwszym etapem takich badań jest opracowanie układu pomiarowego, który rejestrowałby zakłócenia falowe i wiatrowe oddziałujące na statek. Istniejące matematyczne modele zakłóceń falowych i wiatrowych, opracowane na podstawie pomiarów wykonanych na środkowym i północnym Atlantyku oraz na Morzu Północnym [Dudziak 2008; Morawski 2007], nie przystają do warunków na jeziorach Pojezierza Iławskiego.

Zaprojektowane stanowisko badawcze jest wykorzystywane w ośrodku dydaktyczno-naukowym Fundacji Bezpieczeństwa Żeglugi i Ochrony Środowiska na jeziorze Silm koło Iławy, posiadającym flotyllę izomorficznych modeli statków w skali 1:24. Od wielu lat Katedra Automatyki Okrętowej Akademii Morskiej w Gdyni prowadzi badania nad układami sterowania ruchem statków, a ich ostateczna weryfikacja następuje w czasie eksperymentów na jeziorze Silm.

2. METODY POMIARU PARAMETRÓW FALOWANIA ORAZ PRĘDKOŚCI I KIERUNKU WIATRU

Na akwenach wodnych występują pionowe ruchy wód o różnej skali czasowej, zwane falowaniem, które można mierzyć w sposób bezpośredni lub pośredni. Przyrządy bezpośredniego pomiaru są to urządzenia, za pomocą których można bezpośrednio odczytać chwilowy poziom wody, np. łąty wodowskazowe. Urządzenia i przyrządy pośrednio umożliwiające wyznaczenie poziomu wody wykorzystują w tym celu do pomiaru inne wielkości fizyczne. Urządzenia te przetwarzają zmiany poziomu lustra wody na proporcjonalny sygnał elektryczny analogowy lub cyfrowy. Wyróżnia się następujące rodzaje czujników: hydrostatyczne, akustyczne, radarowe.

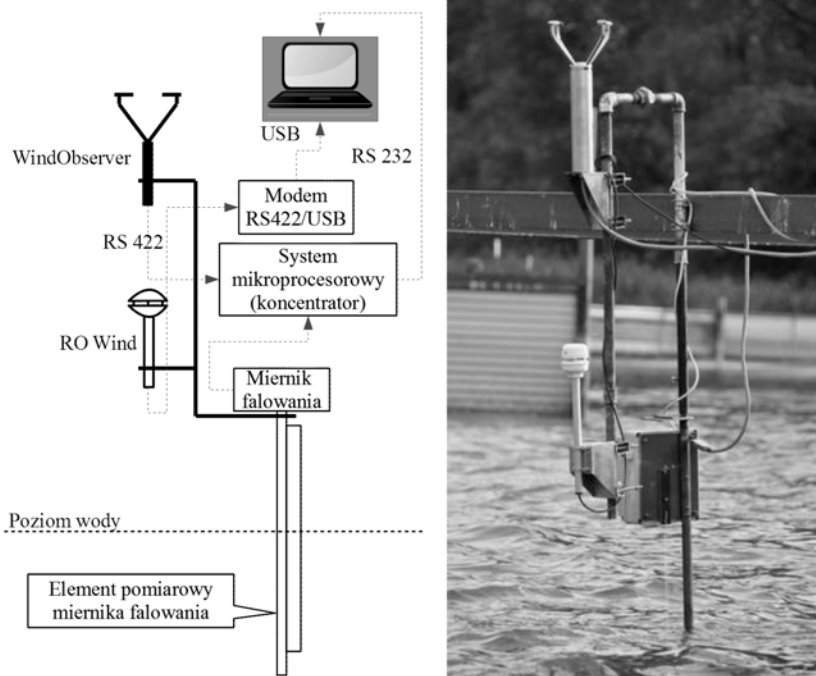
Prędkość i kierunek ruchu powietrza mierzy się za pomocą następujących rodzajów anemometrów:

- mechaniczne (rotacyjne), w których energia kinetyczna jest zamieniana na prędkość obrotową wirnika połączonego z tachometrem (anemometr Robinsona);
- ciśnieniowe, w których prędkość przepływu zależna jest od ciśnienia dynamicznego tworzonego w tzw. rurce Pitota, a jego wartość jest proporcjonalna do prędkości przepływu;
- cieplne, w których prędkość jest określana poprzez spadek temperatury umieszczonego w płynie drutu oporowego, przez który przepływa prąd elektryczny;
- laserowe, w których prędkość mierzy się za pomocą światła wiązki laserowej, zmieniającej swoją częstotliwość po odbiciu od poruszających się cząstek badanego ośrodka;
- ultradźwiękowe, wykorzystujące różnice w prędkościach rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w badanym ośrodku.

3. OPIS KONSTRUKCJI STANOWISKA BADAWCZEGO

Układ pomiarowy składa się z dwóch anemometrów umocowanych jeden nad drugim odpowiednio w odległości 60 cm i 120 cm nad poziomem wody oraz falomierza. Zestaw zainstalowano na belce stalowej, łączącej dwie dalby wbite w dno jeziora w odległości 100 m od brzegu (rys. 1). Rejestratorem pomiarów jest komputer umieszczony na łódce lub na modelu pływającym, połączony odpowiednio łączem radiowym lub kablowym. W badaniach wykorzystano dwa anemometry ultradźwiękowe:

- WindObserver II firmy Gill Instrument [*WindObserver II Ultrasonic Anemometer*];
- RO Wind firmy Radio Ocean [*RoWind*].



Rys. 1. Układ pomiarowy zamontowany na jeziorze Silm

Fig. 1. Measurement system installed on the Silm lake

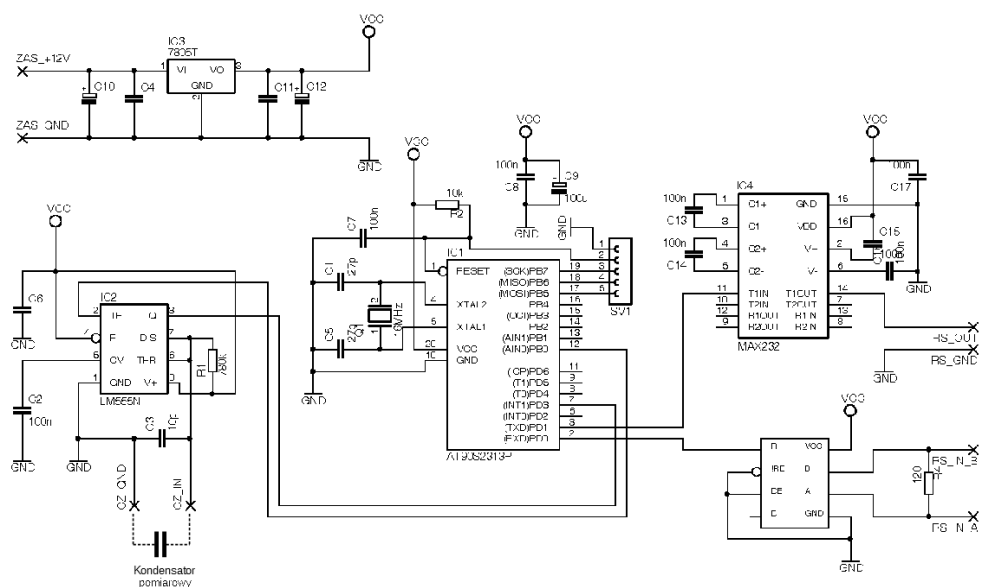
Oba anemometry wysyłają informację o kierunku i prędkości wiatru oraz temperaturze otoczenia z częstotliwością 10 pomiarów na sekundę.

Anemometr WindObserver połączony jest z systemem mikroprocesorowym poprzez złącze RS422, natomiast RO Wind połączony jest z komputerem rejestrującym poprzez modem RS422/USB firmy Roger. Do transmisji w obu urządzeniach wykorzystywany jest protokół NMEA 0183.

Układ elektroniczny miernika falowania (rys. 2) składa się z:

- czujnika pomiarowego (sensora);
- bloku formowania impulsów;
- mikrokontrolera sterującego miernikiem;
- bloku transmisji do komputera PC.

Sensorem miernika jest kondensator, składający się z dwóch elektrod zanurzonych pionowo w badanym akwie. Jedną elektrodę stanowi płaskownik wykonany z brązu, który jest jednocześnie elementem konstrukcji mechanicznej czujnika. Drugą elektrodą jest cienki przewód miedziany w osłonie teflonowej. Ponieważ stałe dielektryczne wody i powietrza różnią się, to wskutek zmian poziomu wody (falowania) pojemność kondensatora zmienia się w zakresie 40–400 pF, co odpowiada amplitudzie fali 0–500 mm. Kondensator jest dołączony do układu popularnego przerzutnika monostabilnego LM555 [Szelangiewicz 1996].



Rys. 2. Układ elektroniczny miernika falowania i wiatru

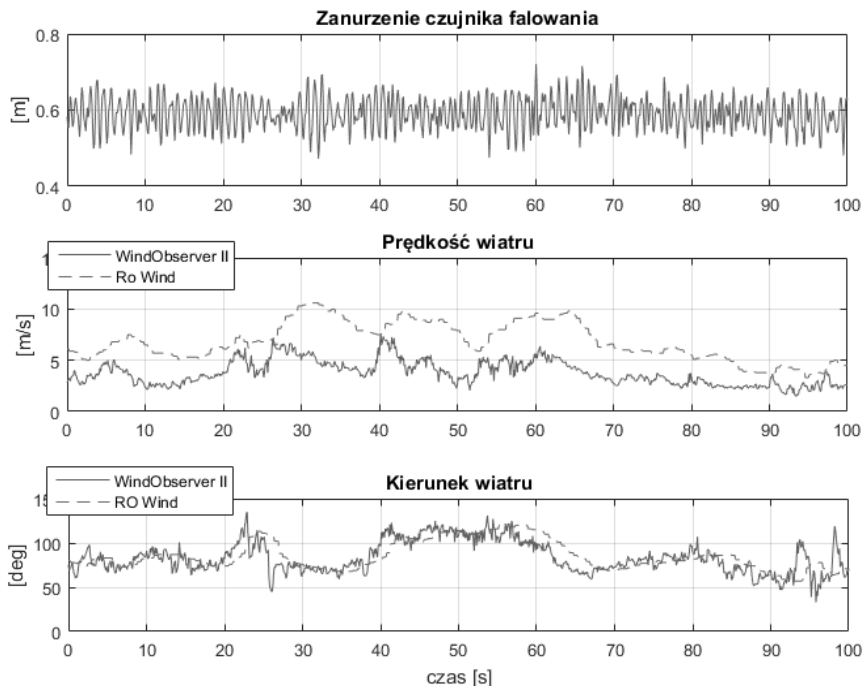
Fig. 2. Electronic circuit diagram of wind and waves measuring unit

Pomiary chwilowe amplitudy fali są dostępne co 1/10 sekundy i są one średnią arytmetyczną 32 pomiarów cząstkowych. Na dokładność pomiaru ma wpływ przede wszystkim zwilżanie elektrod przez falującą wodę. Oszacowany błąd statyczny pomiaru wynosi 1 mm, a błąd dynamiczny – 5 mm. Zadaniem mikrokontrolera jest kodowanie pomierzonej chwilowej wysokości fali do postaci rekordów zgodnych z protokołem NMEA oraz transmisja tych rekordów, a także wyników pomiarów z anemometrów, przez złącze RS232. Szczególną trudność

sprawiło napisanie oprogramowania systemu mikroprocesorowego, ponieważ szybkość transmisji danych poprzez modem była ograniczona do 4800 bit/s, co powodowało długi czas nadawania rekordu (ok. 70 ms), tylko niewiele krótszy od okresu pomiaru anemometru ($1/10 \text{ Hz} = 100 \text{ ms}$). Równoległe z obiema transmisjami przeprowadzano 32-krotne pomiary wysokości fali (około 60 ms). Oprogramowanie napisano w środowisku programistycznym Delphi firmy Borland. Program nagrywa rekordy zapisywane w formacie CSV oraz w formacie tekstowym, który można odczytywać dowolnym edytorem tekstowym (np. Notatnik, ale także w programie Excel).

4. WSTĘPNE WYNIKI POMIARÓW NA JEZIORZE SILM KOŁO IŁAWY

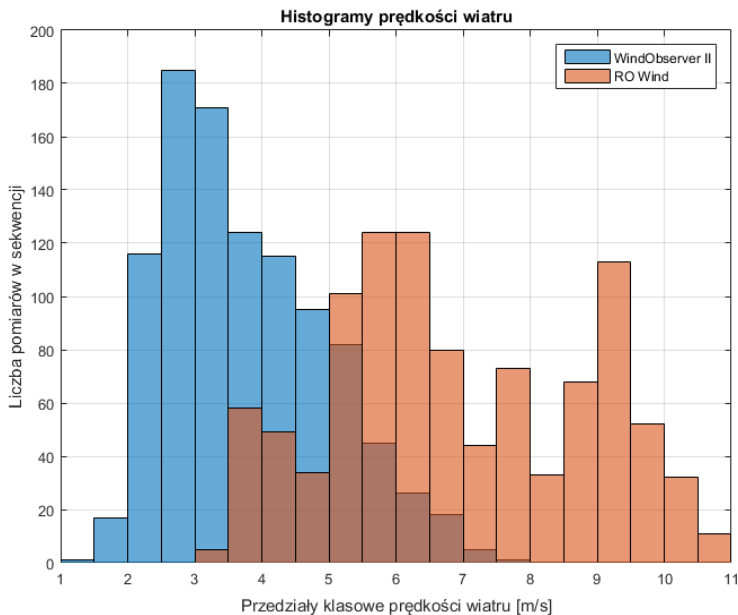
Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy zestaw zarejestrowanych wyników falowania, prędkości i kierunku wiatru. Jest to sekwencja 100 sekund pomiarów wykonanych z okresem próbkowania 0,1 s.



Rys. 3. Przykład pomiarów wysokości fali oraz prędkości i kierunku wiatru na jeziorze Silm

Fig. 3. Example of waves, wind velocity and wind direction measurements on the Silm lake

Jak można zauważyć, wiatr wiejący z kierunku wschodniego z prędkościami pomiędzy 3 a 10 m/s wzbudza na jeziorze falę o amplitudzie, wahającej się od około 0,05 m do 0,15 m. Przedstawione na rysunku 4 histogramy pomiarów prędkości wiatru wskazują na dużą rozbieżność pomiędzy statystycznymi właściwościami sekwencji pomiarów dla obu anemometrów. O ile różnica średniej prędkości wynika głównie z różnicy wysokości instalacji nad poziomem wody obu anemometrów, o tyle różnica charakteru histogramów ma swe źródło przede wszystkim we właściwościach dynamicznych obu urządzeń pomiarowych.



Rys. 4. Histogramy próbek pomiaru prędkości wiatru

Fig. 4. Histograms of wind speed samples

5. WNIOSKI

Przedstawione powyżej stanowisko pomiarowe i uzyskane wyniki posłużą do opracowania modeli zakłóceń wiatrowych i falowych występujących w czasie badań na modelach statków na jeziorze Silm. Modele zakłóceń będą wykorzystywane do wstępnego modelowania komputerowego oraz projektowania układów regulacji. Wyznaczone charakterystyki widmowe ułatwią m.in. projektowanie kompensatorów zakłóceń. Stosowanie kompensatorów jest szczególnie uzasadnione w czasie badań na modelach izomorficznych, gdzie nawet umiarkowane wielkości zakłóceń po przeskalowaniu do wymiarów rzeczywistych statków odpowiadają warunkom sztormowym [*WindObserver II Ultrasonic Anemometer*].

LITERATURA

- Dudziak, J., 2008, *Teoria okrętu*, Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk.
- Morawski, L., 2007, *Charakterystyki probabilistyczne i widmowe wiatru w badaniach modelowych jednostek pływających na jeziorze Silm*, IV Ogólnopolska Konferencja „Problemy naukowo-techniczne w wyczynowym sporcie żeglarskim”, Warszawa-Gdynia, s. 17–24.
- RoWind*, Operator's Manual, Radio Océan, Mérignac, France.
- Szelangiewicz, T., 1996, *A Simulation Model for a Mooring Positioning System of a Vessel in Presence of Wind, Current and Waves*, Polish Maritime Research, vol. 3, no. 2(8), s. 8–17, Gdańsk.
- WindObserver II Ultrasonic Anemometer*, User Manual, Doc. No. 1390-PS-0004, Lymington UK.