

Piotr SIKORA, Rafał SOKÓŁ, Leszek MORAWSKI, Janusz POMIRSKI
 AKADEMIA MORSKA W GDYNI

System do pomiaru parametrów fal i wiatru do zastosowania w badaniach modelowych statków

Piotr SIKORA

Absolwent Technikum Budowy Okrętów, aktualnie kończący studia inżynierskie na Wydziale Elektrycznym Akademii Morskiej w Gdyni. Pracownik inżynierjo-techniczny Katedry Automatyki Okrętowej.



e-mail: poscri@am.gdynia.pl

Mgr inż. Rafał SOKÓŁ

Absolwent kierunku Wydziału Elektrycznego Akademii Morskiej w Gdyni. Pracownik inżynierjo-techniczny Katedry Automatyki Okrętowej.



Dr hab. inż. Leszek MORAWSKI

Profesor w Katedrze Automatyki Okrętowej Akademii Morskiej w Gdyni, a od września 2008 prorektor tej uczelni. Jego tematyka badawcza to sterowanie ruchem statków, zastosowania metod teorii sterowania nieliniowego, adaptacyjnego, optymalnego, rozmytego i neuronowego; projektowanie i zastosowanie systemów mikroprocesorowych w systemach pomiarowych i sterowania



e-mail: lmoraw@am.gdynia.pl

Dr inż. Janusz POMIRSKI

Adiunkt w Katedrze Automatyki Okrętowej na Wydziale Elektrycznym Akademii Morskiej w Gdyni. Prace naukowe koncentrują się na sterowaniu ruchem statków, sterowaniu w czasie rzeczywistym, algorytmach sterowania odpornego, zastosowaniu metod sztucznej inteligencji w sterowaniu.



e-mail: jpomir@am.gdynia.pl

Streszczenie

W artykule omówiono budowę systemu do rejestracji zakłóceń falowych i wiatrowych, który stosowany jest podczas badań układów sterowania przeprowadzanych na izomorficznych modelach statków na jeziorze Silm koło Ławy. Pomiar zakłóceń wiatrowych wykonywany jest anemometrem ultradźwiękowym. Do pomiaru falowania wykorzystano czujnik pojemnościowy, który zmienia swoją pojemność w zależności od zanurzenia w wodzie. System mikroprocesorowy umieszczony w mierniku zapewnia pośredni pomiar pojemności czujnika falowania, odczyt parametrów wiatru z anemometru, a także retransmisję pomierzonych danych poprzez łącze radiowe do komputera rejestrującego.

Słowa kluczowe: anemometr, miernik falowania, zakłócenia wiatrowe, zakłócenia falowe.

Wind and wave measurement system for trails on ship models

Abstract

The paper presents a design of the system for registration of wind and wave disturbances. The system is useful for investigations of control systems performed on isomorphic ship models on the Silm Lake near Ława. An ultrasonic anemometer has been used for wind disturbance measurements. In order to measure the wave level measurement a capacity sensor has been used. It changes its capacitance due to immersion in water. A microprocessor system performs indirect measurements of the wave sensor capacitance. Moreover, it receives the measurement data from an anemometer and transmits them to a registering computer through a radio link (Fig. 1).

Keywords: anemometer, waves level sensor, wind disturbances, waves disturbances.

1. Wstęp

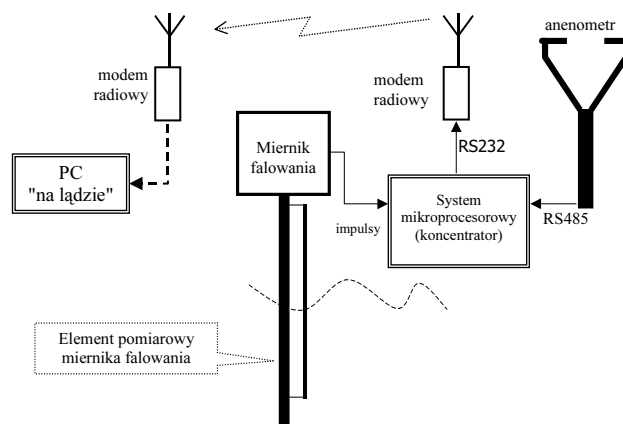
Podczas precyzyjnego sterowania statkiem na niewielkich prędkościach oraz w czasie wykonywania zadania dynamicznego pozycjonowania istotnym czynnikiem ograniczającym jakość sterowania są zakłócenia zewnętrzne [1]. Celem pracy było opracowanie układu pomiarowego, który rejestrowałby zakłócenia

falowe i wiatrowe oddziaływujące na statek. Uzyskane pomiary posłużą do opracowania modeli matematycznych zakłóceń, które można będzie uwzględnić podczas projektowania algorytmów sterowania statkiem oraz w symulacjach komputerowych.

Zaprojektowany układ pomiarowy zostanie wykorzystywany do badań w Ośrodku Fundacji Bezpieczeństwa Żeglugi i Ochrony Środowiska na jeziorze Silm koło Ławy, gdzie znajduje się unikatowy na skalę światową ośrodek dydaktyczno-naukowy posiadający flotyllę izomorficznych modeli statków w skali 1:24. Od wielu lat nasza Katedra prowadzi badania nad układami sterowania ruchami statków, a ich ostateczne sprawdzenie następuje w czasie badań modelowych na materialnych modelach statków na jeziorze Silm.

2. Układ pomiarowy

Schemat układu pomiarowego został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Układ do pomiaru falowania i wiatru
 Fig. 1. Wind and wave measurement system

Składa się on z miernika instalowanego na dalbie białej w dno jeziora i oddalonej od brzegu porośniętego drzewami. Rejestratorem pomiarów jest komputer umieszczony na łodzi lub na modelu pływającym.

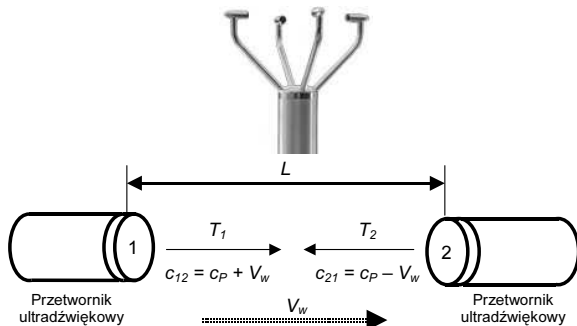
Ultradźwiękowy pomiar prędkości wiatru polega na wysyłaniu impulsów dźwiękowych o częstotliwości rzędu 40kHz, które następnie są odbierane przez miniaturowy odbiornik (mikrofon). Mierzony jest czas przebiegu paczki impulsów sygnału ultradźwiękowego pomiędzy dwoma punktami. Z różnicy czasów rozchodzenia się dźwięku z wiatrem T_1 i pod wiatr T_2 można określić prędkość wiatru (rys. 2).

Prędkość w poruszającym się powietrzu mierzona pomiędzy dwoma punktami 1 i 2 (c_{12}) oraz w odwrotnym kierunku z punktu 2 do 1 (c_{21}) wynosi:

$$\begin{aligned} c_{12} &= \frac{L}{T_1} = c + V_w \\ c_{21} &= \frac{L}{T_2} = c - V_w \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

V_w - jest składową prędkością wiatru równoległą do linii 1-2,
 c - jest prędkością dźwięku w powietrzu,
 L - jest odległością pomiędzy przetwornikami .



Rys. 2. Ultradźwiękowy pomiar prędkości wiatru
 Fig. 2. Ultrasonic wind speed measurement

Na podstawie pomiarów czasu przejścia sygnału w obu kierunkach T_1 i T_2 można wyznaczyć prędkość wiatru V_w i prędkość dźwięku c :

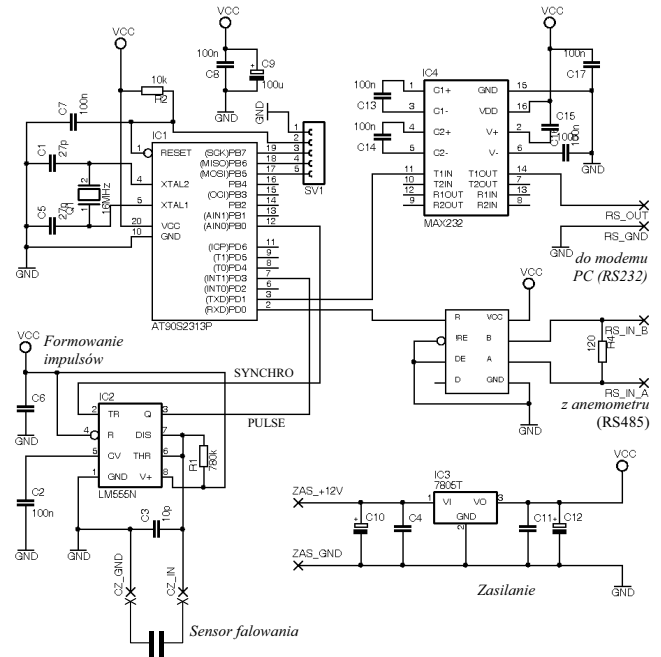
$$V_w = \frac{L(T_2 - T_1)}{2T_1T_2} \quad c = \frac{L(T_2 + T_1)}{2T_1T_2} \quad (2)$$

Ponieważ prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu zależy głównie od temperatury, to czujniki dźwiękowe mogą też pośrednio służyć do pomiaru temperatury.

W badaniach wykorzystano ultradźwiękowy anemometr WindObserver II firmy Gill Instrument [2]. Używając kombinacji dwóch par przetworników ultradźwiękowych w anemometrze Wind Observer II wyznaczane są dwie, wzajemnie prostopadłe składowe prędkości wiatru, które mogą być łatwo przeliczone do układu współrzędnych biegunowych. Błąd określenia zarówno prędkości jak i kierunku wiatru wynosi 2%. Anemometr transmituje wyniki pomiarów do systemu mikroprocesorowego poprzez złącze RS422 z wybraną częstotliwością 10 pomiarów w czasie 1 sekundy. Do transmisji wykorzystywany jest protokół NMEA 0183, który stosowany jest do komunikacji między morskimi urządzeniami elektronicznymi.

Układ elektroniczny miernika falowania (rys. 3) składa się z:

- czujnika pomiarowego (sensora),
- bloku formowania impulsów,
- bloku transmisji (z anemometru i do komputera PC),
- mikrokontrolera sterującego miernikiem.



Rys. 3. Układ elektroniczny miernika falowania i wiatru
 Fig. 3. Electronic circuit of the wind and wave meter

Sensorem miernika jest kondensator składający się z dwóch elektrod zanurzonych pionowo w badanym akwenie (rys. 4). Jedną elektrodę stanowi metalowy płaskownik, który jest jednocześnie elementem konstrukcji mechanicznej czujnika. Drugą elektrodą jest cienki przewód miedziany w osłonce teflonowej. Ponieważ stałe dielektryczne wody i powietrza różnią się, dlatego wskutek zmian poziomu wody (falowania) pojemność kondensatora zmienia się. Wartość pojemności zmienia się w zakresie 40-400 pF, co nieliniowo odpowiada amplitudzie fali 0-500 mm. Kondensator jest dołączony do układu popularnego przerzutnika monostabilnego LM555 [3]. Czas trwania impulsów generowanych przez przerzutnik ściśle zależy od pojemności kondensatora. Inicjacji generacji impulsu w przerzutniku dokonuje mikrokontroler na wyjściu PB0 (STROBE).



Rys. 4. Miernik zamontowany na jeziorze Silm
 Fig. 4. Meter installed on the Silm lake

Mikrokontroler przeprowadza też pomiar czasu trwania impulsu z wyjścia Q (PULSE) przerzutnika. Pomiar końcowy jest dostępny co 1/10 sekundy i jest on średnią arytmetyczną 32 pomiarów cząstkowych. Nieliniowa zależność czasu trwania impulsu od zanurzenia sensora została wyznaczona eksperymentalnie. Na dokładność pomiaru ma wpływ przede wszystkim zwilżanie elektrod przez falującą wodę. Błąd statyczny pomiaru wynosi 1 mm. Maksymalny błąd dynamiczny jest większy – jego wartość oszacowano na 5 mm.

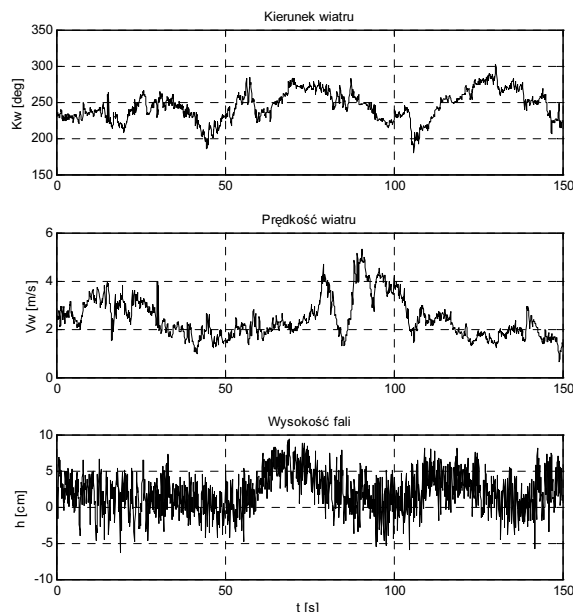
Dodatkowym zadaniem mikrokontrolera jest odbiór wyników pomiarów z anemometru, kodowanie tych wyników oraz pomiarowej chwilowej wysokości fali do postaci rekordów zgodnych z protokołem NMEA oraz transmisja tych rekordów przez łącze RS232. Szczególną trudnością sprawiło napisanie oprogramowania systemu 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 ($1/10\text{Hz} = 100\text{ms}$). Równolegle z obiema transmisjami musiały być przeprowadzane 32-krotne pomiary wysokości fali (ok. 60 ms).

Ze względu na długotrwałość pomiarów oraz dostępne jedynie zasilanie bateryjne zdecydowano się na retransmisję pomiarów przez łącze radiowe do komputera umieszczonego na łodzi. Dla systemu pomiarowego opracowano program komputerowy do rejestracji i wizualizacji danych pomiarowych.

3. Wnioski

Na rysunku 5 zostały przedstawione przykładowe przebiegi kierunku i modułu prędkości wiatru oraz chwilowej wysokości fali zarejestrowane na jeziorze.

Przedstawiony powyżej układ pomiarowy posłuży do opracowania modeli zakłóceń wiatrowych i falowych występujących w czasie badań na modelach statków na jeziorze Silm pod Iławą. Modele zakłóceń będą wykorzystywane do wstępnego modelowania komputerowego oraz projektowania układów regulacji. Między innymi na podstawie wyznaczonych charakterystyk widmowych ułatwione będzie 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 [4].



Rys. 5. Przebiegi kierunku i prędkości wiatru oraz wysokości fali zarejestrowane na jeziorze Silm

Fig. 5. Direction and speed of the wind and the wave level recorded on the Silm lake

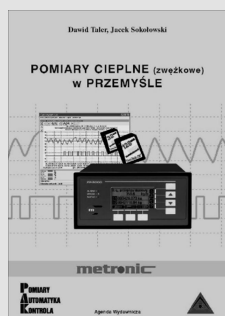
4. Literatura

- [1] T. Szlangiewicz: A simulation model for a mooring positioning system of a vessel in presence of wind, current and waves, Polish Maritime Research, Gdańsk 1996.
- [2] WindObserver II Ultrasonic Anemometer, User Manual., Doc No. 1390-PS-0004, Lymington UK,
- [3] LM555 Timer, Data Sheet, National Semiconductor, July 2006.
- [4] L. Morawski: Charakterystyki probabilistyczne i widmowe wiatru w badaniach modelowych jednostek pływających na jeziorze Silm. IV Ogólnopolska konferencja "Problemy naukowo-techniczne w wyzycznym sporcie żeglarskim". Warszawa-Gdynia 2007.

Artykuł recenzowany

INFORMACJE

Książka Wydawnictwa PAK



Książka "Pomiary cieplne (zwężkowe) w przemyśle" stanowi nową pozycję literaturową poświęconą pomiarom strumienia masy i ciepła płynów przepływających w przewodach przy użyciu zwężek pomiarowych. Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników zajmujących się zagadnieniami cieplno-przepływowymi w przemyśle, energetyce i ogrzewnictwie. W książce omówiono przyrządy i układy do pomiarów zwężkowych strumienia ciepła, produkowane przez firmę Metronic.

Zamówienia prosimy składać na adresy PAK:

Wydawnictwo PAK
00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14A,
tel./fax: 022 827 25 40

Redakcja PAK
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, p. 30b,
tel./fax: 032 237 19 45
e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl