

Wpływ obciążenia generowanego przez jednostkę napędową na łożo silnika łodzi płaskodennej

Malwina Trzaska, Wiesław Barnat, Andrzej Kiczko

Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna
email: malwina.trzaska@wat.edu.pl, wieslaw.barnat@wat.edu.pl, andrzej.kiczko@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych mobilnej platformy pływającej, podczas których badano poziom drgań w łożu silnika obciążonego w warunkach eksploatacyjnych. Testy zostały przygotowane i przeprowadzone przez Wojskową Akademię Techniczną i PIMOT. Do pomiaru drgań konstrukcji wykorzystano czujniki tensometryczne wraz z mostkiem pomiarowym ESAM CF. Łódź płaskodenna z napędem śmigłowym została przebadana pod kątem wpływu obciążenia na poziom drgań konstrukcji łoża silnika. Źródłem drgań w omawianej jednostce jest zespół napędowy, w skład którego wchodzi silnik oraz komplet śmigieł. Do analizy poziomu drgań zastosowano algorytm szybkiej transformaty Fouriera (FFT). Przeprowadzone badania wykazały, że poziom drgań ulega obniżeniu wraz ze wzrostem odległości od źródła. Także obciążenia wynikające z ilości osób przebywających na pokładzie łodzi ma wpływ na wielkość drgań. Przeprowadzone badania wykazały, że wraz ze wzrostem ciężaru osób na pokładzie, drgania są tłumione w większym stopniu.

SŁOWA KLUCZOWE: łódź płaskodenna, drgania konstrukcji, FFT

1. Wstęp

Łodzie płaskodenne z napędem śmigłowym, nazywane airboatami, stosowane są do przemieszczania się po terenach trudnodostępnych, podmokłych łąkach czy zbiornikach wodnych o nieznanym charakterze dna. Łodzie tego typu służą też jako atrakcja turystyczna w Parkach Narodowych, np. Everglades na Florydzie lub jako środek ewakuacyjny dla służb ratowniczych. Po przejściu huraganu Katarina w Nowym Orleanie, USA [1,2] łodzie płaskodenne były jednostkami ratowniczymi.

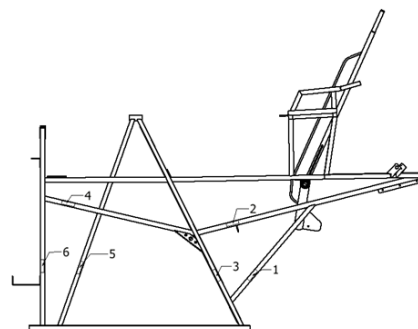
Obrót śmigła generowany przez wał silnika jest źródłem drgań, które poprzez mocowanie przenoszone są na konstrukcję łoża silnika, a także na łódź. Istotnym jest sprawdzenie poziomu drgań w zależności od zakresów pracy silnika i obciążenia dodatkowego (sternik, pasażerowie). Do określenia poziomów drgań użyto metody FFT (Fast Fourier Transform).

Do wyznaczenia częstotliwości drgań z przebiegów czasowych można użyć algorytmu FFT. Jest to popularna wśród naukowców metoda [3-5]. Kim [5] używał metody FFT do określenia deformacji belki i płyty, badania były prowadzone w domenie czasu. Kargarnovin i Younesian [6] natomiast stosowali tę metodę do poszukiwania odpowiedzi na wymuszenie belki Timoshenko. Aziz i in. [7] użył algorytmu FFT do analizy spektralnej belki obciążonej przemieszczającym się obciążeniem. Metoda ta używana jest także do określenia wpływu obciążenia generowanego przez fale [8] na konstrukcję.

2. Obiekt badań

Badaniom zostały poddane elementy ramy konstrukcyjnej łoża silnika. Rama stanowiła część integrującą silnik z mobilną platformą pływającą (rys. 1). Na ramie umieszczono dwa zestawy tensometrów, które schematycznie przedstawiono na rys. 1. Wykonano cztery próby pomiarowe. Pierwsza związana była z maksymalnymi obrotami śmigła 1500 [obr/min] i obciążeniem łodzi 75 kg. W drugiej obciążono ślizgacz masą 200 kg przy tej samej prędkości obrotowej śmigła. Trzecią próbę wykonano dla prędkości obrotowej śmigła 2000 [obr/min] bez obciążenia. W ostatniej wykonano pomiary dla

maksymalnej prędkości obrotowej 3000 [obr/min] bez obciążenia. Wszystkie próby eksperymentalne były prowadzone podczas badań przemysłowych na terenie PIMOTu.



Rys. 1. Rozmieszczenie tensometrów na ramie mocującej silnik do kadłuba łodzi

3. Metody analizy danych.

Podczas prowadzenia eksperymentu zarejestrowano dane z czujników tensometrycznych za pomocą mostka tensometrycznego ESAM Traveller. ESAM CF (Electronic Signal Acquisition Module with Compact Flash) jest systemem pomiarowym mającym zastosowanie w szerokim zakresie pomiarów. Składa z zaawansowanego technologicznie urządzenia pomiarowego z mostkami tensometrycznymi (Traveller 1 CF), jak również rozbudowanego oprogramowania sterującego i opracowującego dane. ESAM CF zapisywał przebiegi zmian napięcia elektrycznego na tensometrach jako odkształcenie w funkcji czasu. Otrzymane dane w postaci szeregów czasowych przedstawiono na rysunku rys. 2. Rozdzielczość sygnału wynosiła 1 kHz.

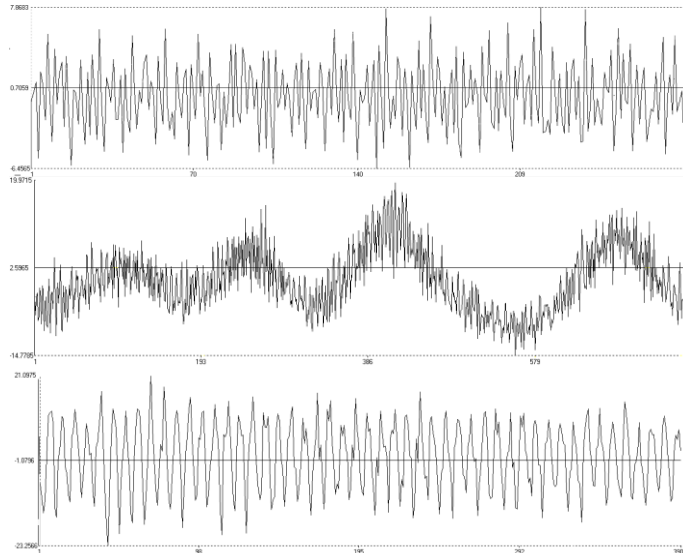
Czasowe szeregi zmian częstotliwości w czasie poddano analizie fourierowskiej z wykorzystaniem algorytmu FFT

Teoria analizy spektralnej, lub inaczej: częstotliwościowej, opiera się na założeniu, że większość funkcji okresowych można przedstawić w postaci sumy szeregu funkcji sinus i cosinus o różnych częstościach i amplitudach, przy czym ilość wyrazów tej sumy może być

nieskończona. W metodzie FFT rozpatruje się ciąg dyskretnych wartości funkcji $f(t)$ w postaci [9,10]:

$$f_l = f(t_l), t_l = l\Delta t, l = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

gdzie: Δt nazywa się okresem próbkowania, a $f_0 = \Delta t^{-1}$ częstotliwością próbkowania, natomiast N jest liczbą próbek.



Rys. 2 Wybrane szeregi czasowe zarejestrowane podczas prób

Przyjmuje się, że ciąg punktów obejmuje cały skończony przedział czasowy, na którym funkcja $f(t)$ jest określona. Kolejne współczynniki w szeregu Fouriera oblicza się z zależności [9,10]:

$$F_k = \sum_{l=0}^{N-1} f_l W^{kl} \quad (2)$$

gdzie: $W^{kl} = e^{-j\frac{2\pi}{N}kl}$.

4. Wyniki analiz i dyskusja

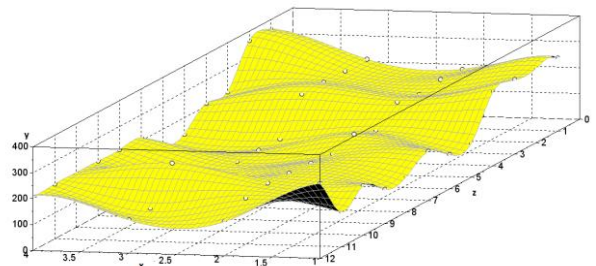
Analizowano następujące pary sygnałów pochodzących z czujników tensometrycznych: 6-12; 5-11; 4-10; 3-9; 2-8; 1-7. W tabeli poniżej przedstawiono wyniki analizy fourierowskiej FFT.

Tabela 1. Zarejestrowane częstotliwości drgań w poszczególnych próbach pomiarowych

	6	5	4	3	2	1
1	282	287	132	189	132	132
2	228	219	172	170	184	179
3	257	257	128	130	128	128
4	365	211	137	212	211	212
	12	11	10	9	8	7
1	287	286	132	137	192	288
2	234	236	200	179	192	131
3	257	257	128	128	257	128
4	365	211	137	210	211	211

Na wykresie (rys. 3) odwzorowano zmiany częstotliwości w funkcji odległości czujników od silnika oraz w funkcji kolejnych prób zbierania pomiarów.

Okazuje się, iż najstabilniejszym obszarem pracy ramy jest 4 próba przy maksymalnych obrotach dla czujników: 6 oraz od 8 do 12. Czujniki 6 i 12 w próbie czwartej mają zgodne wyniki, ponieważ ich odległość od silnika była dostatecznie duża, tym samym można wnioskować, iż w tym miejscu drgania zostały najbardziej stłumione. Dodatkowo, wraz ze wzrostem odległości położenia czujników od silnika widać spadek częstotliwości, świadczy to o spadku drgań na ramie. W trzeciej oraz w drugiej próbie zaobserwowano spadek częstotliwości, świadczy to o tym, iż wpływ masy ładunku również decyduje o spadku drgań na ramie.



Rys. 3 Zależność częstotliwości w funkcji numeru próby oraz numeru tensometru.

Literatura

- [1] R. Dummett, The use of airboats in ice and water rescue emergencies, Fire Engineering, vol. 157, issue 3, 2004
- [2] R. Dummett, The Evacuation Of New Orleans After The Levees Broke, Fire Engineering, vol. 159, issue 5, 2006
- [3] S. Carra, M. Amabili, R. Garziera, Experimental study of large amplitude vibrations of a thin plate in contact with sloshing liquids, Journal of Fluids and Structures, Volume 42, October 2013, Pages 88–111
- [4] H. Assae, H. Hasani, Forced vibration analysis of composite cylindrical shells using spline finite strip method, Thin-Walled Structures, Volume 97, December 2015, Pages 207–214
- [5] S.M. Kim, Stability and dynamic response of Rayleigh beam-columns on an elastic foundation under moving loads of constant amplitude and harmonic variation, Eng. Struct., 27 (2005), pp. 869–880
- [6] M.H. Kargamov, D. Younesian, Dynamics of Timoshenko beams on Pasternak foundation under moving load, Mech. Res. Commun., 31 (2004), pp. 713–723
- [7] N. Azizi, M.M. Saadatpour, M. Mahzoon, Using spectral element method for analyzing continuous beams and bridges subjected to a moving load, Applied Mathematical Modelling, Volume 36, Issue 8, August 2012, Pages 3580–3592
- [8] W. Amin, M.R. Davis, G.A. Thomas, D.S. Holloway, Analysis of wave slam induced hull vibrations using continuous wavelet transforms, Ocean Engineering, Volume 58, 15 January 2013, Pages 154–166
- [9] H.G. Shuster Chaos deterministyczny wprowadzenie Warszawa 1993 Wydawnictwa Naukowe PWN
- [10] J. Awrejcewicz, „Tajemnice nieliniowej dynamiki”. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1997