

WPŁYW WZROSTU DAWKI PALIWA NA ZMIANY AMPLITUD SKŁADOWYCH HARMONICZNYCH DRGAŃ SKRĘTNYCH WAŁU ZESPOŁU SPALINOWO-ELEKTRYCZNEGO

AMPLITUDE CHANGES OF COMPONENT HARMONIC OF TORSIONAL VIBRATION OF THE SHAFT OF THE PETROL FUEL UNIT ON THE INFLUENCE OF CHANGES OF FUEL DOSES

Sebastian Drawing^{*1}, Mirosław Dereszewski²

Uniwersytet Morski w Gdyni, Morska 81-87, 81–225 Gdynia, Wydział Mechaniczny,
Katedra Siłowni Okrętowych, e-mail: s.drawing@wm.am.gdynia.pl,

¹ ORCID 0000-0002-2388-4342

² ORCID 0000-0003-4829-5787

* Adres do korespondencji/Corresponding author

Streszczenie: Artykuł przedstawia wyniki badań wpływu zmian dawki paliwa na składowe harmoniczne drgań skrętnych wału zespołu spalinowo-elektrycznego, ze szczególnym uwzględnieniem składowej harmonicznej odzwierciedlającej wtrysk paliwa. W badaniach wykorzystano metodę pomiaru drgań skrętnych wału za pomocą zmian chwilowych prędkości kątowych.

Słowa kluczowe: diagnostyka techniczna, drgania skrętne, składowe harmoniczne, dawka paliwa.

Abstract: The article presents the results of research on the impact of changes in the fuel dose on the harmonic components of torsional vibrations of the shaft of the combustion-electric unit, with particular emphasis on the harmonic component responsible for fuel injection. In the tests, the method of measuring torsional vibrations of the shaft was used by means of changes of instantaneous angular velocities.

Keywords: technical diagnostic, torsional vibrations, harmonic components, dose of fuel.

1. WSTĘP

Diagnostyka techniczna stanowi dział nauki, zajmujący się zespołem przedsięwzięć (metod i środków), zmierzających do identyfikacji stanu technicznego eksploatowanych urządzeń, nazywanych obiektami diagnostyki. Dla praktyki eksploatacyjnej ważne jest, aby za pomocą dostępnych na jednostce pływającej urządzeń

i mierników w sposób ciągły kontrolować zgodność parametrów pracy urządzenia z wartościami zawartymi w instrukcji producenta, a co więcej, aby za ich pomocą identyfikować i lokalizować przyczyny uszkodzeń na potrzeby podejmowania decyzji eksploatacyjnych.

Celem przeprowadzonego badania było określenie relacji pomiędzy zmianą amplitudy składowej harmonicznej odzwierciedlającej wtrysk paliwa a obciążeniem zespołu spalinowo-elektrycznego. W dalszych badaniach może to prowadzić do odnalezienia związku pomiędzy zmianą tego parametru a uszkodzeniem wtryskiwacza.

Plan eksperymentu polegał na:

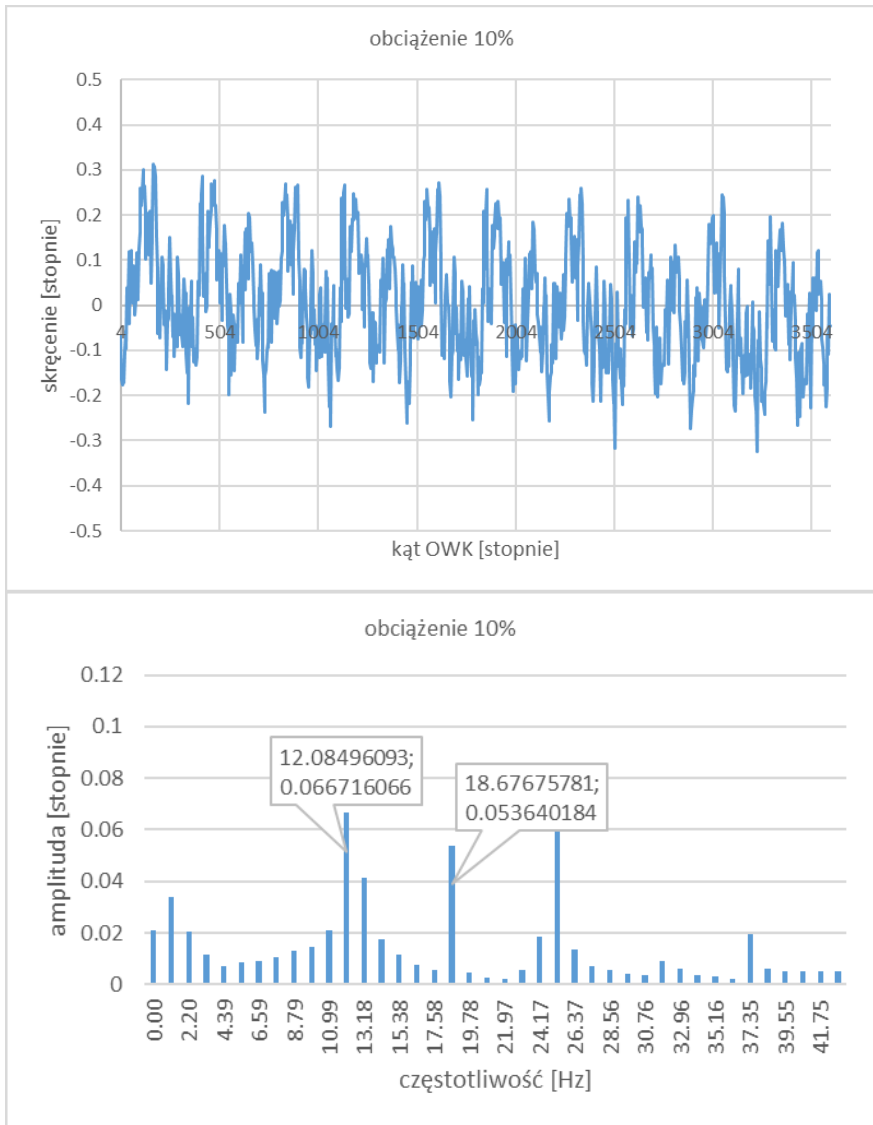
- pomiarze zmian chwilowych prędkości kątowych dwóch tarcz perforowanych, zamontowanych na wolnych końcach wału zespołu spalinowo-elektrycznego dla różnych obciążeń zespołu (10; 30; 60; 80% mocy znamionowej silnika) przy tej samej zadanej prędkości obrotowej;
- obliczeniu wartości drgań skrętnych wału zespołu spalinowo-elektrycznego;
- poddaniu otrzymanego sygnału (drgań skrętnych) transformacji Fouriera (w wyniku otrzymano składowe harmoniczne);
- porównaniu przebiegu otrzymanych składowych harmonicznych dla różnych obciążeń zespołu spalinowo-elektrycznego ze szczególnym uwzględnieniem składowej odzwierciedlającej wtrysk paliwa.

2. POMIAR DRGAŃ SKRĘTNYCH WAŁU DLA RÓŻNYCH OBCIĄŻEŃ ZESPOŁU SPALINOWO-ELEKTRYCZNEGO

W celu sporządzenia bazy danych pomiarowych do analizy sygnału drgań skrętnych wału zaplanowano serię pomiarów na zespole spalinowo-elektrycznym. Pomiar chwilowych prędkości kątowych przeprowadzano za pomocą układu pomiarowego ETNP-10 (system wspomagający kontrolę napędu) z częstotliwością próbkowania 16 MHz, dla obciążeń zespołu w zakresie od 10 do 80% mocy znamionowej. Rejestrowano 10 obrotów wału korbowego (OWK).

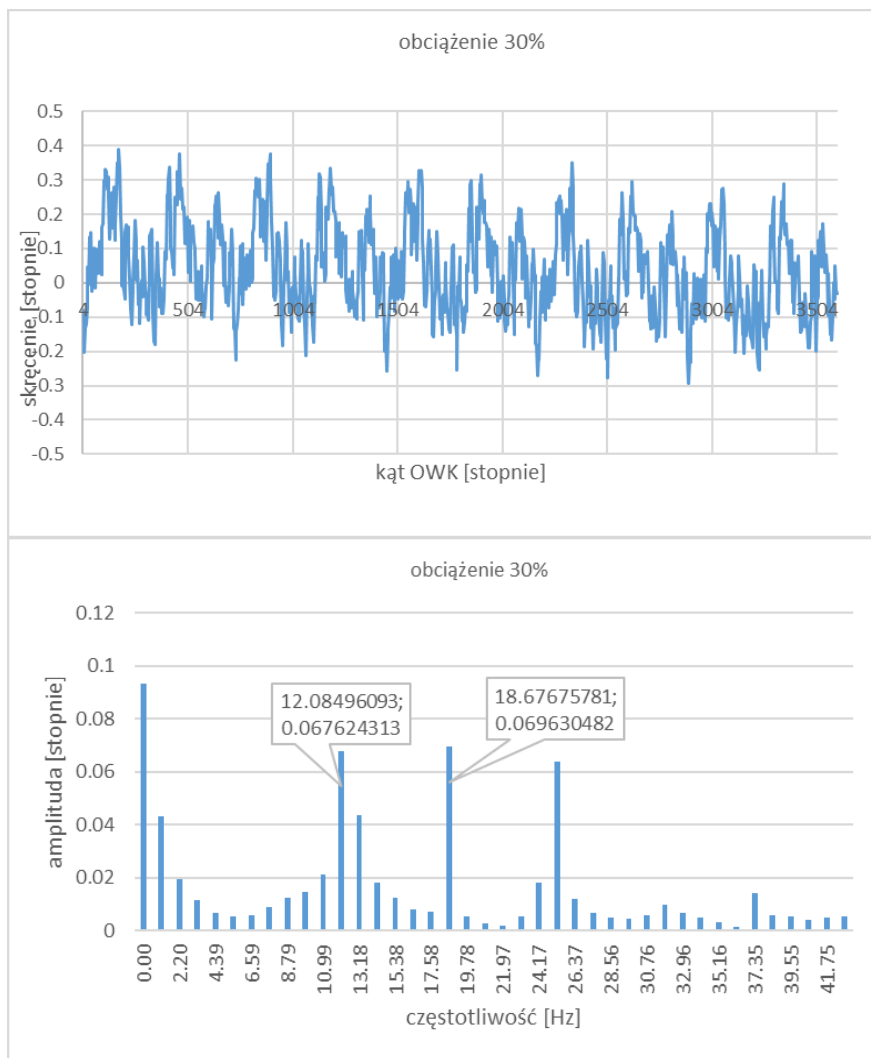
Na rysunku 1 pokazano przykładowe widmo drgań skrętnych, uzyskane na podstawie rozkładu zarejestrowanych drgań przy minimalnym obciążeniu.

Wykresy na rysunkach 2, 3 i 4 przedstawiają rezultaty obliczonych drgań skrętnych oraz transformaty Fouriera, uzyskanych dla stopniowego wzrostu obciążenia, w wyniku zwiększonej dawki paliwa wtrysniętego w poszczególnych cyklach pracy.



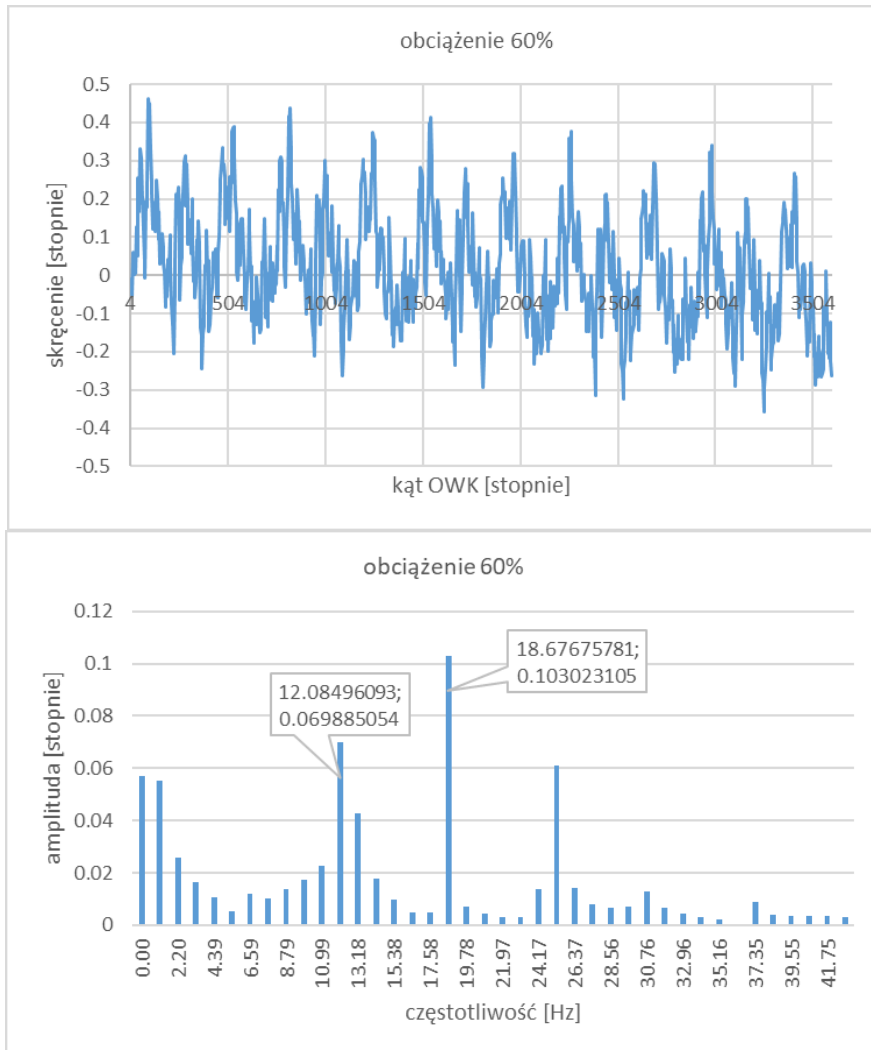
Rys. 1. Wykres drgań skrętnych oraz ich widmo dla obciążenia znamionowego silnika 10%

Fig. 1. Chart of torsional vibrations and spectrum for rated engine load of 10%



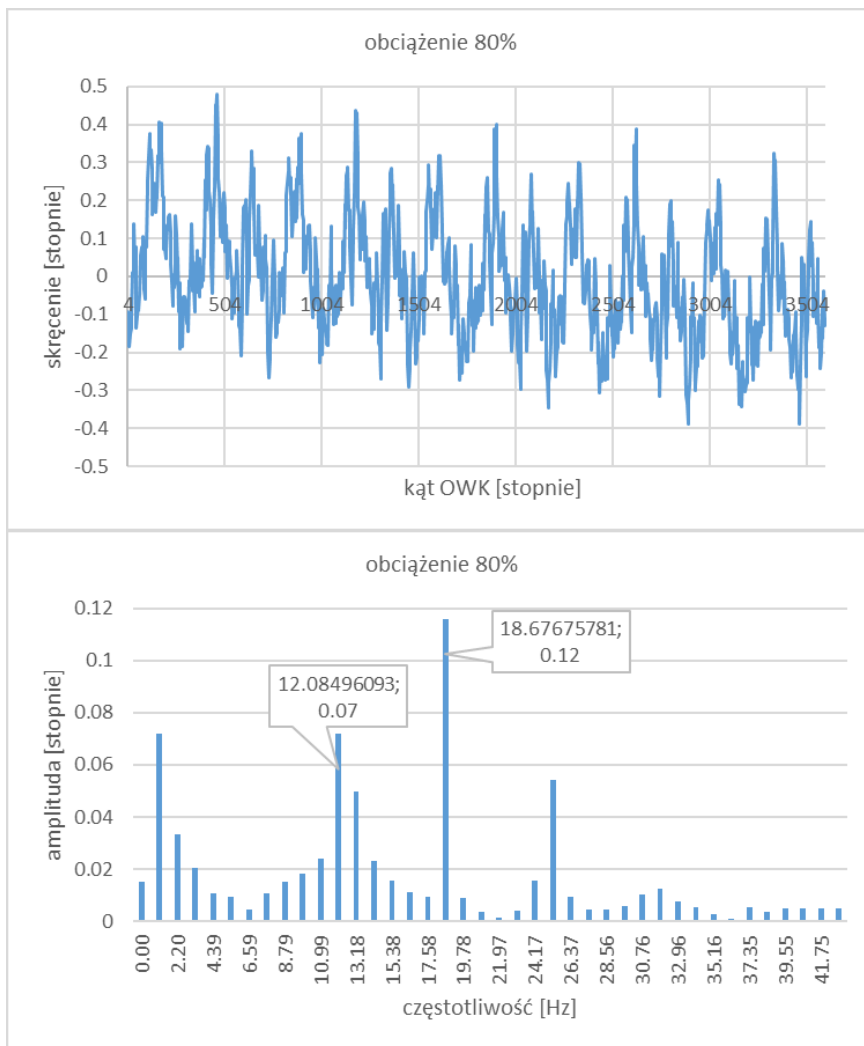
Rys. 2. Wykres drgań skrętnych oraz ich widmo dla obciążenia znamionowego silnika 30%

Fig. 2. Chart of torsional vibrations and spectrum for rated engine load of 30%



Rys. 3. Wykres drgań skrętnych oraz ich widmo dla obciążenia znamionowego silnika 60%

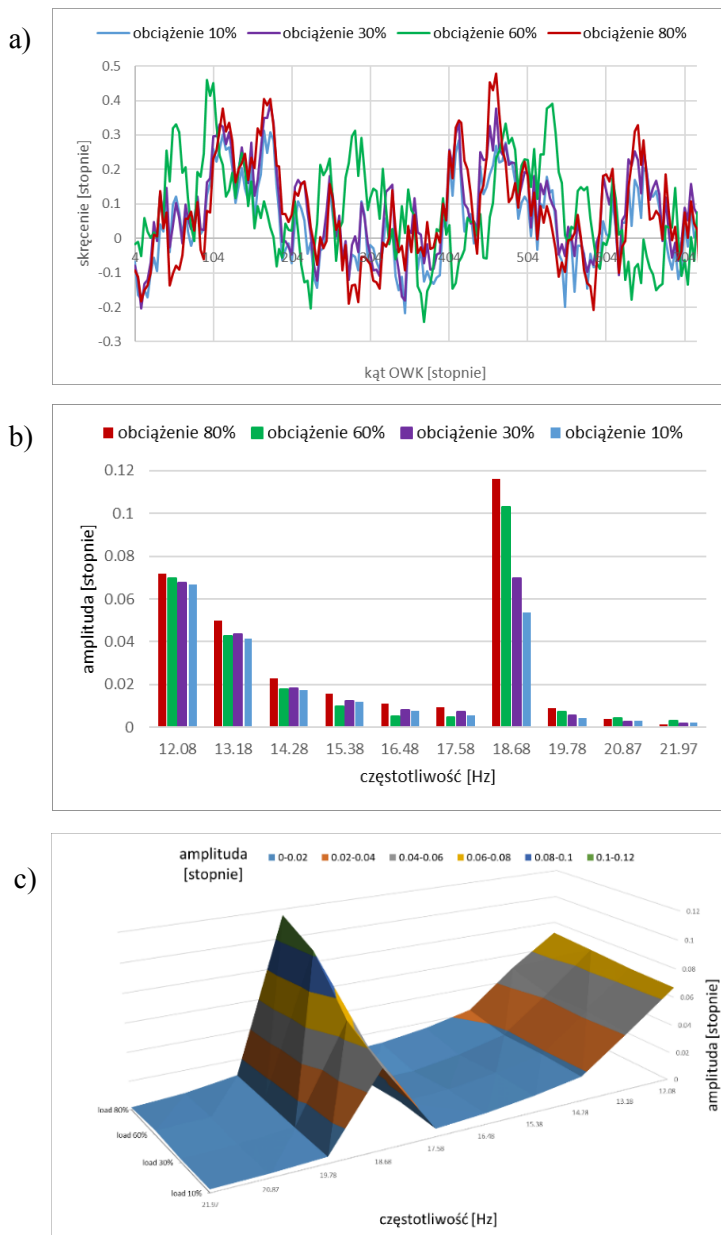
Fig. 3. Chart of torsional vibrations and spectrum for rated engine load of 60%



Rys. 4. Wykres drgań skrętnych oraz ich widmo dla obciążenia znamionowego silnika 80%

Fig. 4. Chart of torsional vibrations and spectrum for rated engine load of 80%

Na rysunku 5a przedstawiono złożenie przebiegu amplitud drgań skrętnych dla poszczególnych obciążeń, biorąc pod uwagę dwa pełne obroty wału czyli jeden cykl pracy silnika czterosuwowego, natomiast na rysunkach 5b i c – porównanie charakterystyk widmowych.



Rys. 5. Wykresy drgań dla obciążeń znamionowych silnika 10; 30; 60; 80%
 a) wykresy amplitud drgań skrętnych; b, c) widma słupkowe i 3D amplitud drgań skrętnych

Fig. 5. Chart of torsional vibrations for rated engine load of 10; 30; 60; 80%
 a) graphs of torsional vibration amplitudes; b, c) bar spectra and 3D amplitudes of torsional vibrations

Zmierzone wartości skręceń wału (rys. 5a) rosną wraz ze wzrostem obciążenia zespołu, co potwierdza prawidłowość zastosowanej do ich pomiaru metody. Dla prędkości obrotowej trzycylindrowego czterosuwowego silnika, wynoszącej około 750 obr/min, częstotliwość wtrysku paliwa wynosi $3 \times 6,25$ Hz czyli 18,75 Hz, natomiast częstotliwość podstawowa wynosi 12,5 Hz. Po dekompozycji sygnału te składowe harmoniczne są wyraźnie widoczne na wykresach (rys. 1–4).

3. PODSUMOWANIE

W badaniach wykazano, że wraz ze wzrostem dawki paliwa i obciążenia zespołu rośnie również wartość amplitudy składowej harmonicznej sumarycznej częstotliwości wtrysku paliwa 18,75 Hz, co może być w przyszłości wykorzystane do celów diagnostycznych.

Nie zaobserwowano wzrostu wartości amplitudy podstawowej składowej harmonicznej 12,5 Hz, która ze względu na to, że stanowi 2/3 składowej harmonicznej odzwierciedlającej wtrysk paliwa, mogłaby potencjalnie powodować jej nakładanie się na prążek bazowy częstotliwości wtrysku. W przypadku wzrostu wartości amplitudy prążka bazowego 12,5 Hz wraz ze wzrostem obciążenia rosłyby również wartości amplitud prążków krotności tej częstotliwości, w tym amplituda prążka odzwierciedlającego częstotliwość wtrysku paliwa 18,75 Hz. Nie odzwierciedlałoby to zjawiska zmiany dawki paliwa, a byłoby powodowane zmianą częstotliwości podstawowej, która, jak wykazano w badaniach, jest na stałym poziomie, co potwierdza prawidłowość stosowanej metody obliczeń drgań skrętnych wału zespołu (w konsekwencji analizy FFT).

Jeżeli dalsze badania wykażą zmiany wartości amplitudy prążka wtrysku paliwa wraz z wprowadzanymi uszkodzeniami aparatury paliwowej (np. zbyt niskie lub wysokie ciśnienie otwarcia wtryskiwacza, rozkalibrowane lub zakokosowane otwory rozpylacza, przecieki na pompie wtryskowej, rozpylacz o innym kącie wtrysku i innej liczbie otworów), to wówczas jego diagnostyczna przydatność będzie nie do przecenienia. Zmiana wartości amplitudy prążka w stosunku do wzorcowej będzie wskazywać na występujące w układzie wtryskowym uszkodzenie, z możliwością precyzyjnej lokalizacji.

Wykorzystanie w praktyce eksploatacyjnej do celów diagnostycznych amplitudy prążka wtrysku paliwa będzie przede wszystkim możliwe, jeżeli w danej siłowni okrętowej zastosuje się układ pomiarowy ETNP-10.

LITERATURA

- Dereszewski, M., 2013, *Wykorzystanie modelu dynamicznego silnika Sulzer 3Al 25/30 do symulacji wpływu zmian obciążenia i uszkodzeń na fluktuację prędkości kątowej*, Zeszyty Naukowe AM w Gdyni, nr 81.
- Dereszewski, M., Charchalis, A., 2011, *Analysis of Diagnostic Utility of Instantaneous Angular Speed of a Sea Going Vessel Propulsion Shaft*, Journal of KONES, vol. 18, no. 1.
- Geveci, M., Osburn, A.W., Franchek, M.A., 2005, *An Investigation of Crankshaft Oscillations for Cylinder Health Diagnostics*, Mechanical System and Signal Processing, vol. 19, s. 1107–1134.
- Ostman, F., Toivonen, H., 2008, *Active Torsional Vibration Control of Reciprocating Engines*, Control Engineering Practice, vol. 16(1), s. 78–88.
- Rizzoni, G., 1989, *Diagnosis of the Individual Cylinder Misfire by Signature Analysis of the Crankshaft Speed Fluctuation*, SAE Technical Paper, no. 890884, s. 1572–1580.
- Rizzoni, G., 1990, *Estimate of Indicated Torque from Crankshaft Speed Fluctuations: a Model for Dynamics of IC Engine*, IEEE Transaction, vol. 38, s. 168–179.
- Taraza, D., Heinen, N.A., Bryzik, W., 2001, *The Frequency Analysis of the Crankshaft's Speed Variation: a Reliable Tool for Diesel Engine Diagnosis*, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, vol. 123, no. 2, s. 428–432.