

Rafał BURDZIK

WPŁYW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ SILNIKA NA DRGANIA PRZENOSZONE NA KONSTRUKCJĘ POJAZDU

Streszczenie. W artykule przedstawiono widma drgań zarejestrowanych podczas badań stanowiskowych. Umożliwiają one analizę wpływu zmian prędkości obrotowej silnika na drgania przenoszone na konstrukcję pojazdu.

THE INFLUENCE OF THE ROTATIONAL SPEED OF ENGINE ON VIBRATIONS TRANSFERRED ON VEHICLE CONSTRUCTION

Summary. The paper presents spectrums of vibration recorded during stand research. It enables analysis of influence of changes of rotational speed of the engine on vibrations transferred on construction of the vehicle.

1. WSTĘP

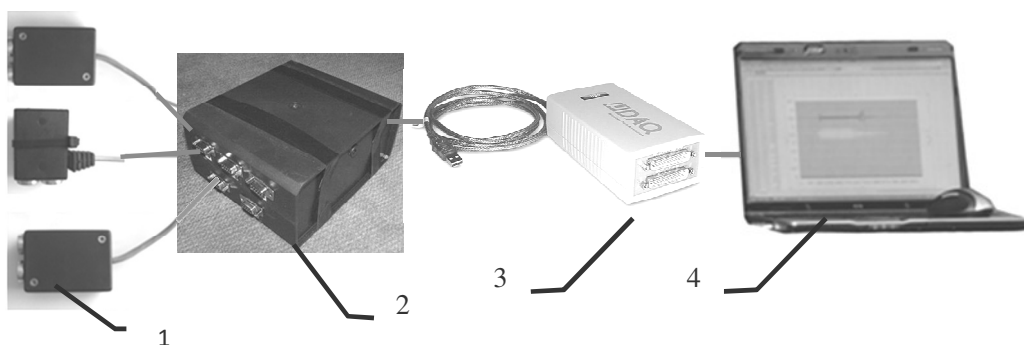
Drgania generowane podczas ruchu pojazdu wpływają na bezpieczeństwo i komfort podróżowania. Z uwagi na złożoność procesu poruszania się pojazdu i liczbę zachodzących podczas ruchu zjawisk można wyodrębnić wiele źródeł drgań wynikających z ruchu pojazdu. Najistotniejsze wydają się być drgania generowane przez nierówności drogi, jednak nie można pomijać także wpływu zjawisk aerodynamicznych, oporów toczenia oraz sił bezwładności, które także są źródłami drgań. Druga grupa drgań to efekty pracy układów pojazdu. Silnik, układ przeniesienia napędu i układ wydechowy także stanowią źródła drgań w pojeździe samochodowym. Źródła te są także bardzo istotne, ponieważ generują drgania także w trakcie postoju przy uruchomionym silniku.

Można wyodrębnić wiele układów i elementów w pojeździe, których zadaniem jest pochłanianie drgań lub minimalizacja ich oddziaływania. Układ zawieszenia pojazdu, składający się z elementów tłumiących, resorujących i prowadzących, w dużej mierze odpowiedzialny jest za tłumienie drgań pochodzących od nierówności drogi. Elementy gumowe, stanowiące konstrukcje mocowania takich układów, jak silnik, skrzynia biegów czy układ wydechowy, także w dużej mierze odpowiedzialne są za pochłanianie drgań generowanych przez te układy. Celem każdego z układów i elementów tłumiących jest minimalizacja oddziaływania drgań na pozostałe układy i na ludzi znajdujących się w pojeździe. Drogę do propagacji fal drganiowych i oddziaływania na człowieka stanowi konstrukcja, rama czy nadwozie pojazdu. Nowoczesne technologie stosowane do wyrobów hutniczych zapewniają wysokie parametry materiałowe, jednak nie można wykluczyć negatywnego oddziaływania wtrąceń w procesie przetwórstwa złomu [7]. Zmiany w strukturze i składzie materiału mogą wpływać na jego zdolności propagacji fali drganiowej. Przenoszą one drgania o charakterze ogólnym na człowieka, głównie za pośrednictwem kończyn dolnych oraz środkowego i dolnego odcinka kręgosłupa [5].

2. BADANIA

Celem badań była analiza wpływu prędkości obrotowej silnika na drgania przenoszone na konstrukcję pojazdu. W ramach badań przeprowadzono pomiary przyspieszeń drgań w wybranych punktach pomiarowych. W celu odizolowania analizowanych źródeł drgań badany pojazd umieszczony był na specjalnych statywach pomiarowych wolnobieżne koła napędowe umożliwiają prowadzenie badań dla pracującego silnika i układu przeniesienia napędu bez źródła drgań pochodzących od nierówności drogi.

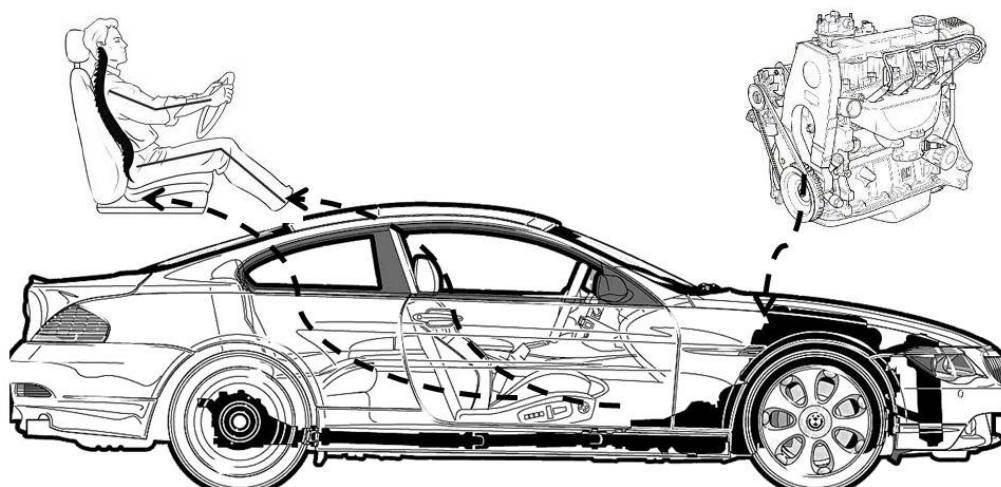
Tor pomiarowy składał się z przetworników ADXL (1), multiwejściowego modułu pomiarowego (2), karty archiwizacji danych (3) oraz komputera (4). Na rysunku poniżej przedstawiono obrazkowy schemat systemu pomiarowego.



Rys. 1. System pomiarowo-rejestrujący

Fig. 1. Measurement and data acquisition system

Jako źródło drgań założono pracujący silnik pojazdu. Sygnały drganiowe rejestrowano w charakterystycznych punktach pomiarowych. W artykule przedstawiono przykładowe wyniki dla następującego węzła pomiarowego - od silnika pojazdu, gdzie generowane są drgania na postoju, przez panel podłogowy pojazdu i fotel. Droga propagacji drgań realizowana jest na elementach konstrukcyjnych oddziałujących bezpośrednio na człowieka, dlatego jako punkty pomiarowe w tym łańcuchu określono: silnik, panel podłogowy pod nogami kierowcy oraz siedzisko. W każdym z punktów pomiarowych rejestrowano sygnały dla trzech osi: wzdłużna pojazdu (oś X), poprzeczna do osi wzdłużnej pojazdu (oś Y) oraz oś pionowa (oś Z). Na rysunkach poniżej przedstawiono punkty pomiarowe i techniki mocowania czujników.



Rys. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych oraz droga przenoszenia drgań od silnika do kierowcy

Fig. 2. Position of measurement points and transmission of the vibration from motor-engine to human



Rys. 3. Miejsce pomiaru drgań korpusu silnika
Fig. 3. Place of the sensors of the motor engine vibration



Rys. 4. Miejsce pomiaru drgań podłogi pojazdu pod nogami kierowcy
Fig. 4. Place of the sensors of the floor of the car under the driver feet vibration

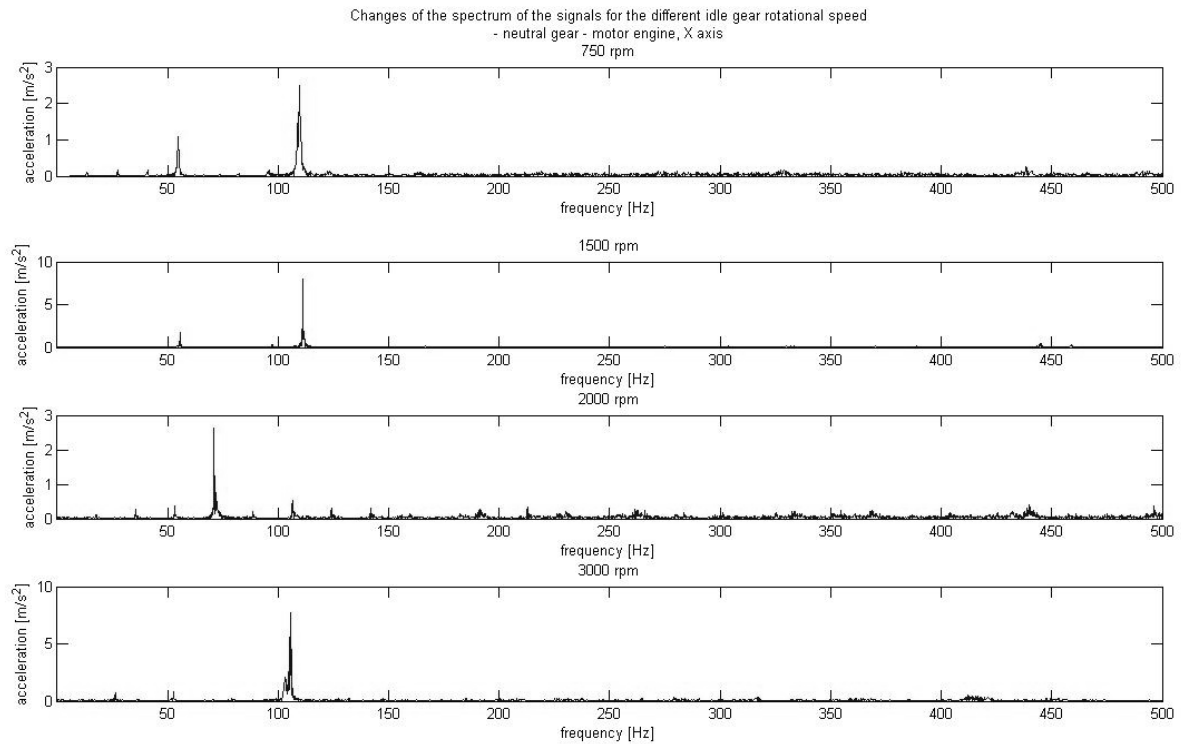


Rys. 5. Miejsce pomiaru drgań fotela kierowcy
Fig. 5. Place of the sensors of the driver seat vibration

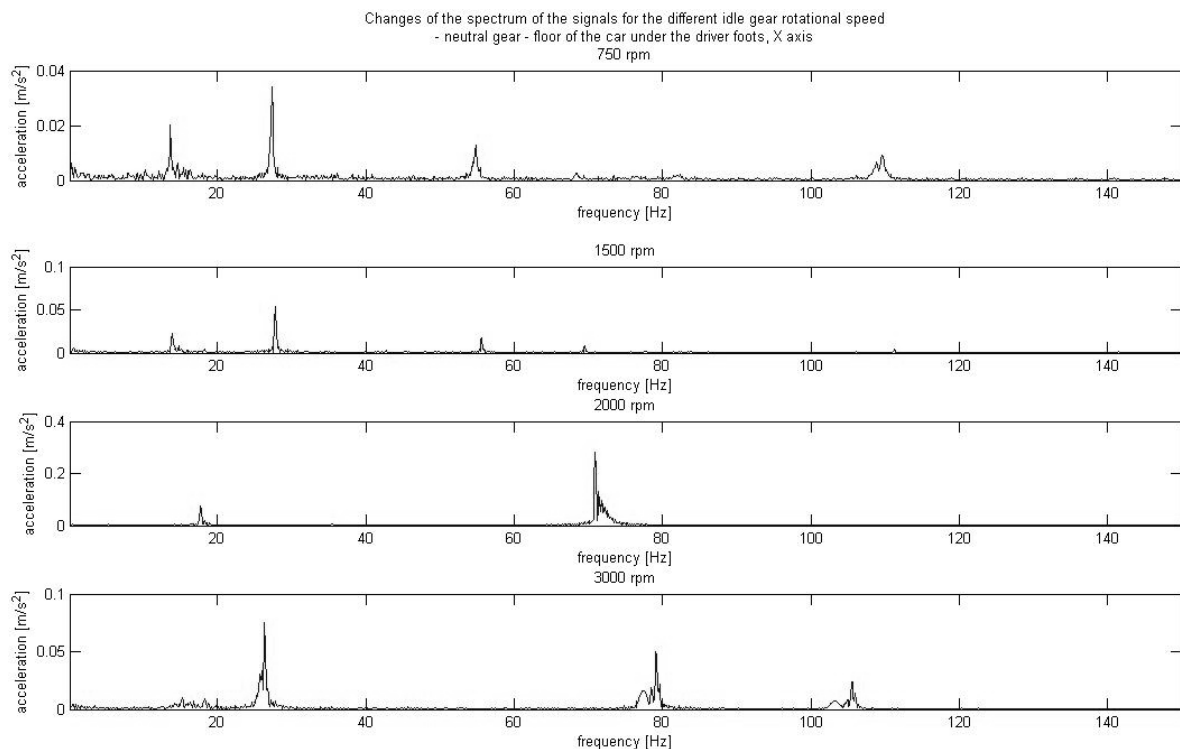
3. WIDMA SYGNAŁÓW DRGANIOWYCH DLA BADANYCH PRĘDKOŚCI OBROTOWYCH SILNIKA

Zakładane zmiany generowanych drgań przez silnik pojazdu polegały na zmianie dynamiki zjawiska na skutek zmiany prędkości obrotowej silnika na biegu jałowym, dlatego najbardziej celowa jest analiza rozkładów częstotliwościowych sygnału [1]. W wielu publikacjach można zapoznać się z różnymi metodami analiz częstotliwościowych sygnałów [2,3,4,6]. Stosuje się tradycyjne przekształcenia bazujące na transformacji Fouriera, ale także wiele nowatorskich narzędzi matematycznych. Interesujące zastosowanie harmonicznej analizy spektralnej do badań układów w transporcie szynowym przedstawiono w [8].

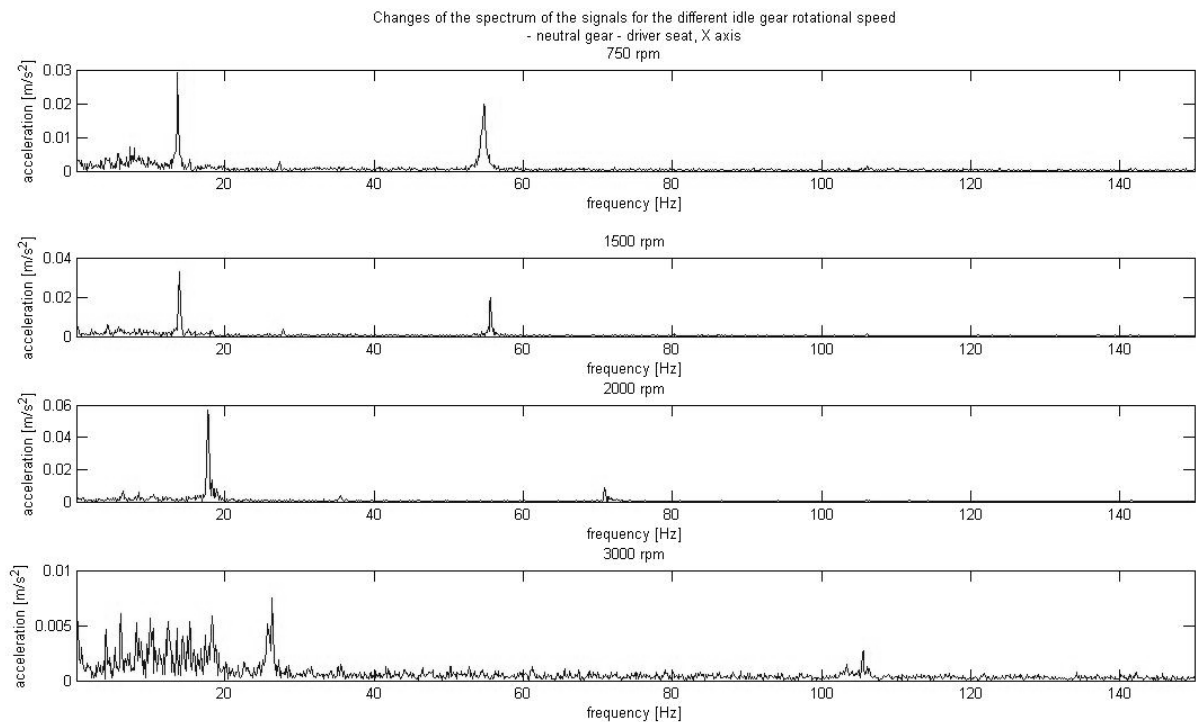
Badania przedstawione w niniejszym artykule mają charakter wstępny, więc ograniczono się do wyznaczania widm sygnałów z zastosowaniem szybkiego przekształcenia Fouriera (FFT). Uzyskane wyniki przedstawiono poniżej.



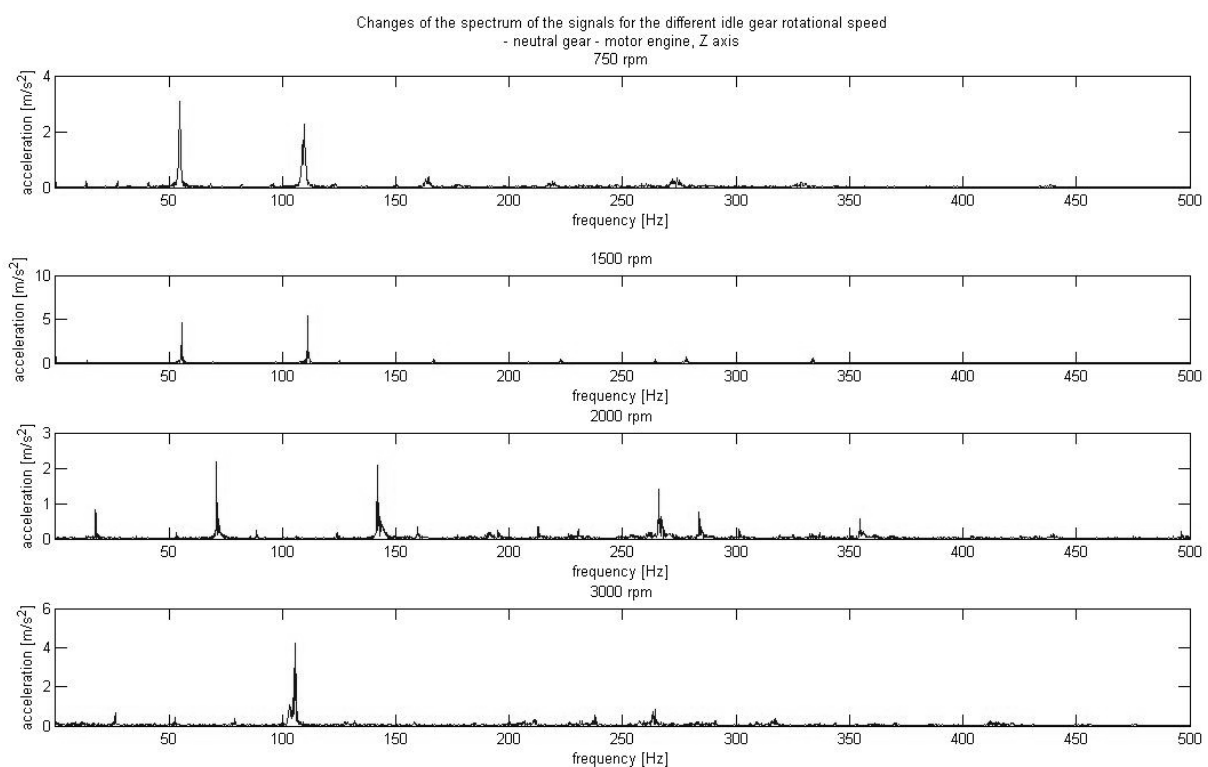
Rys. 6. Zmiany widm sygnałów dla kolejnych prędkości obrotowych silnika (korpus silnika, oś X)
Fig. 6. Changes of the signal spectrum for the different idle gear rotational speed (engine, X axis)



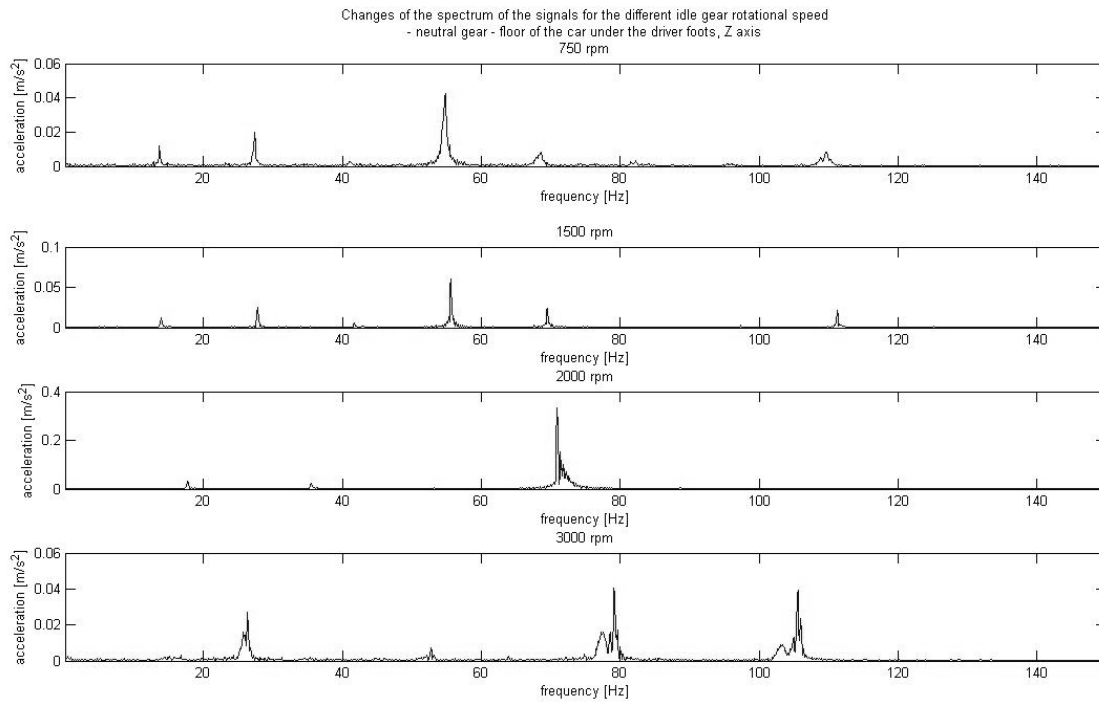
Rys. 7. Zmiany widm sygnałów kolejnych prędkości obrotowych silnika (podnóżek kierowcy, oś X)
Fig. 7. Changes of the signal spectrum for the different idle gear rotational speed (floor under driver feet, X axis)



Rys. 8. Zmiany widm sygnałów dla kolejnych prędkości obrotowych silnika (fotel kierowcy, oś X)
Fig. 7. Changes of the signal spectrum for the different idle gear rotational speed (driver seat, X axis)

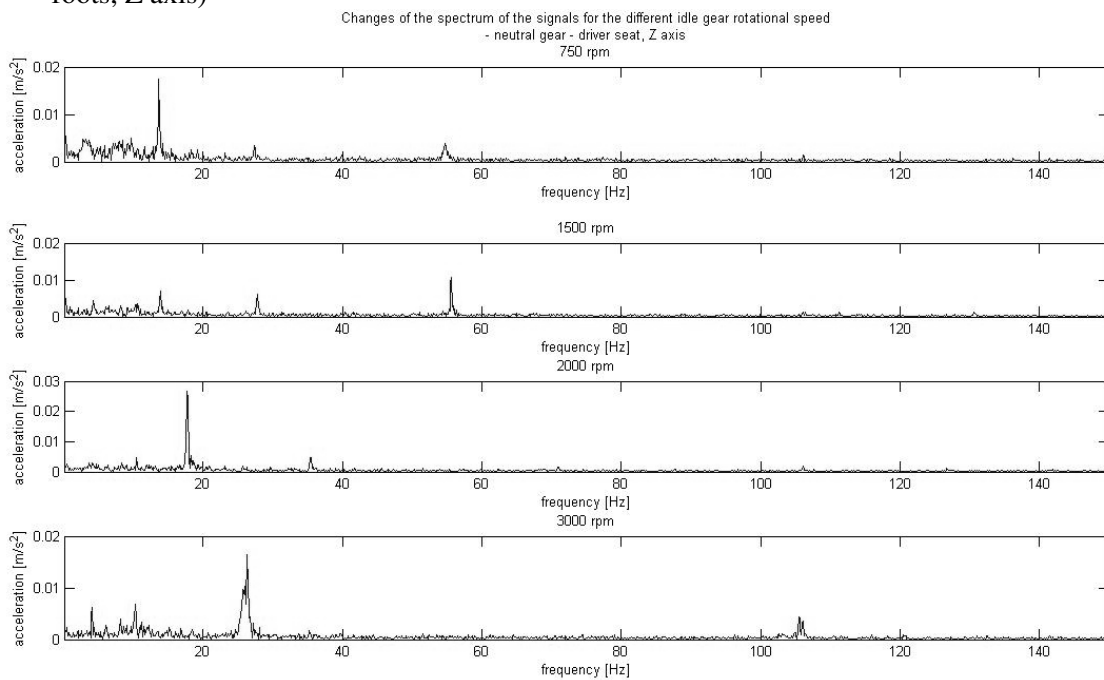


Rys. 9. Zmiany widm sygnałów dla kolejnych prędkości obrotowych silnika (korpus silnika, oś Z)
Fig. 8. Changes of the signal spectrum for the different idle gear rotational speed (engine, Z axis)



Rys. 10. Zmiany widm sygnałów kolejnych prędkości obrotowych silnika (podnóżek kierowcy, oś Z)

Fig. 10. Changes of the signal spectrum for the different idle gear rotational speed (floor under driver foots, Z axis)

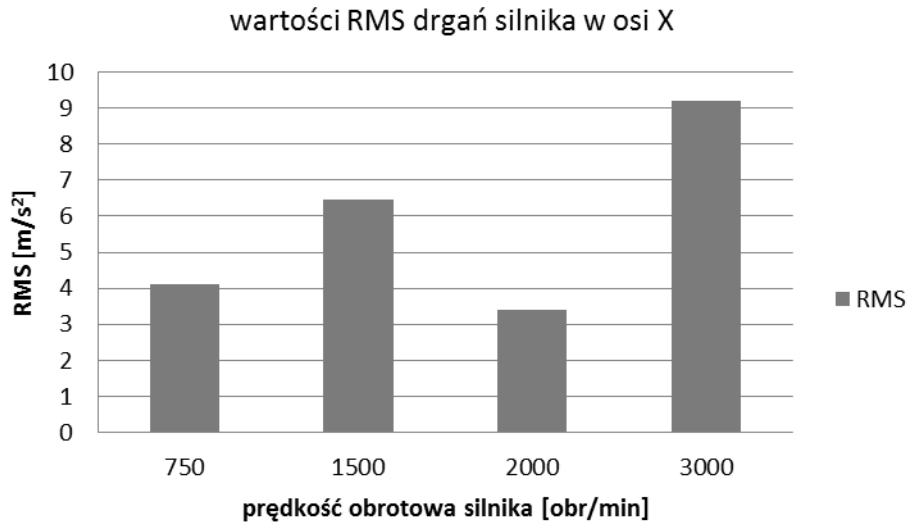


Rys. 11. Zmiany widm sygnałów dla kolejnych prędkości obrotowych silnika (fotel kierowcy, oś Z)

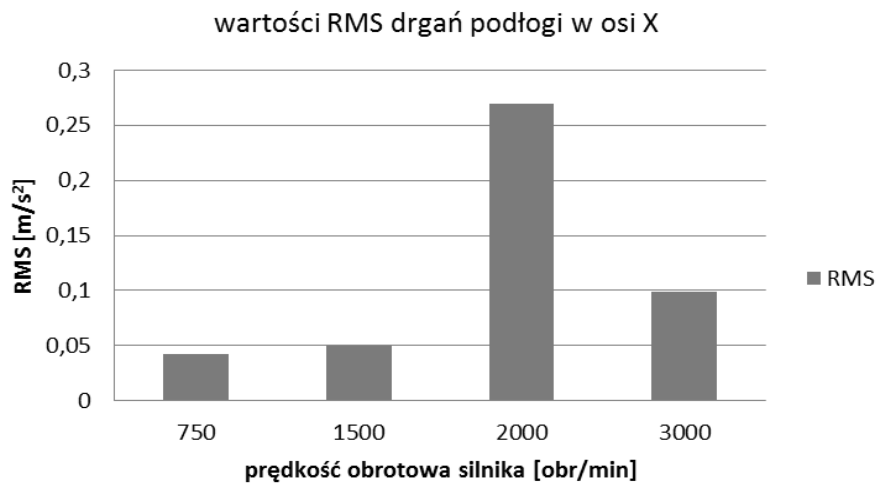
Fig. 11. Changes of the signal spectrum for the different idle gear rotational speed (driver seat, Z axis)

4. ANALIZA WYNIKÓW

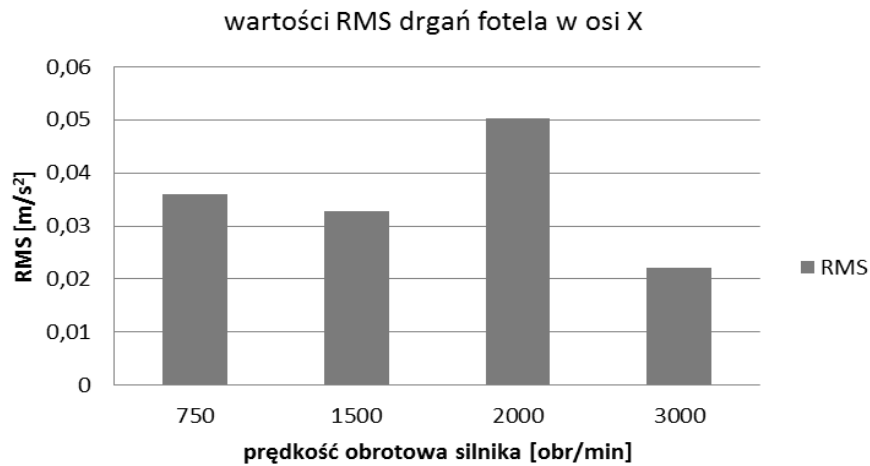
Jako miarę zarejestrowanych sygnałów podczas pracy silnika z różnymi prędkościami obrotowymi wykorzystano RMS. Zestawienie graficzne zmian wartości RMS dla rosnącej prędkości obrotowej przedstawiono na wykresach poniżej.



Rys. 12. Zmiany wartości RMS dla kolejnych prędkości obrotowych silnika (korpus silnika, oś X)
 Fig. 12. Changes RMS for the different idle gear rotational speed (engine, X axis)



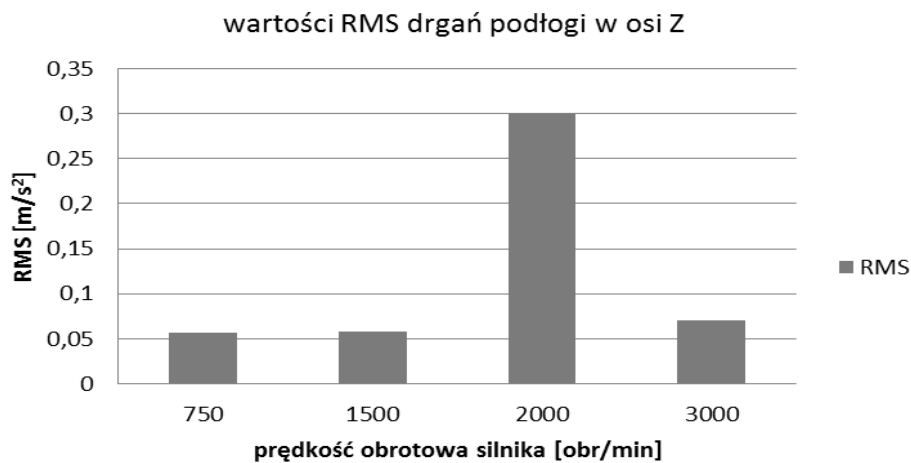
Rys. 13. Zmiany wartości RMS kolejnych prędkości obrotowych silnika (podnózek kierowcy, oś X)
 Fig. 13. Changes RMS for the different idle gear rotational speed (floor under driver feet, X axis)



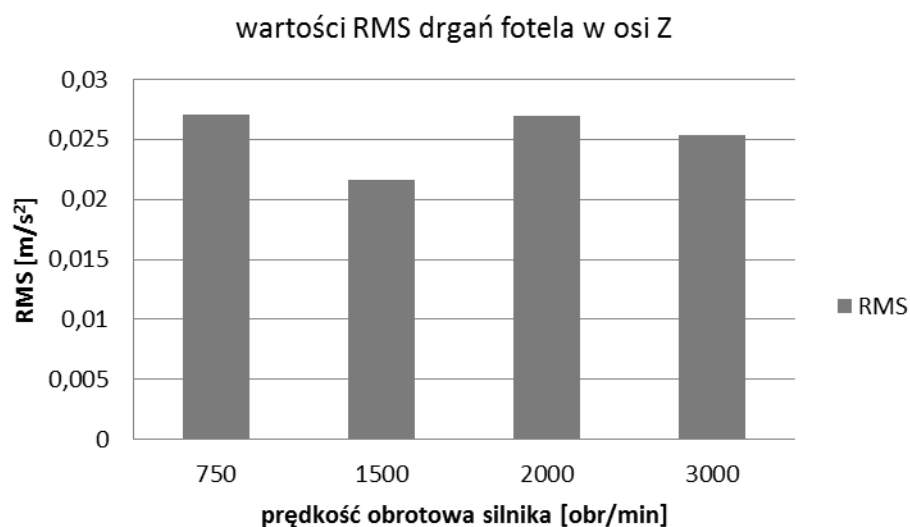
Rys. 14. Zmiany wartości RMS kolejnych prędkości obrotowych silnika (fotel kierowcy, oś X)
 Fig. 14. Changes RMS for the different idle gear rotational speed (driver seat, X axis)



Rys. 15. Zmiany wartości RMS dla kolejnych prędkości obrotowych silnika (korpus silnika, oś Z)
Fig. 15. Changes RMS for the different idle gear rotational speed (engine, Z axis)



Rys. 16. Zmiany wartości RMS kolejnych prędkości obrotowych silnika (podnóżek kierowcy, oś Z)
Fig. 16. Changes RMS for the different idle gear rotational speed (floor under driver feet, Z axis)



Rys. 17. Zmiany wartości RMS kolejnych prędkości obrotowych silnika (fotel kierowcy, oś Z)
Fig. 17. Changes RMS for the different idle gear rotational speed (driver seat, Z axis)

5. PODSUMOWANIE

Miarą, która w sposób ogólny określa zawartość energetyczną układu, jest wartość RMS. Nie wyznaczono jednak jednoznacznych tendencji pomiędzy miarą RMS a zmianą prędkości obrotowej silnika, dlatego pomocne mogą być rozkłady składowych sygnału w funkcji częstotliwości. Do transformacji sygnału zastosowano FFT (Fast Fourier Transform), które umożliwia wyznaczenie widm fourierowskich sygnałów. Tak zaprezentowany rozkład sygnału umożliwia analizę dominujących składowych dynamicznych w układzie. Umożliwi to wyszukiwanie częstotliwości rezonansowych i częstotliwości wymuszenia.

Bibliografia

1. Cempel C.: Drgania mechaniczne wprowadzenie. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1984.
2. Burdzik R., Konieczny Ł.: Diagnosing of shock-absorbers of car vehicles at changeable pressure in tires. 4th International Congress on Technical Diagnostics, Olsztyn 2008.
3. Burdzik R., Folega P., Węgrzyn T., Silva Abílio P.: Influence of Exploitation Tire Stiffness on Vehicle Vibration, Conferencia Engenharia'2009, Covilha Portugalia, 2009, p. 168-171.
4. Wyllie I.H., Griffin M.j.: Discomfort from sinusoidal oscillation in the pitch and fore-and-aft axes at frequencies between 0.2 and 1.6 Hz. Journal of Sound and Vibration, No. 324 (2009).
5. Xua Y.L., Guo W.H.: Effects of bridge motion and crosswind on ride comfort of road vehicles. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, No. 92 (2004).
6. Burdzik R.: Badania drgań płyty podłogowej pojazdu samochodowego. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Transport, z. 67, Gliwice 2010.
7. Łabaj J., Oleksiak B., Siwiec G.: Analysis of the options of copper removal from liquid iron by evaporation. Metalurgija, Vol 50, No. 3, 2011.
8. Dolecek R., Novak J., Cerny O.: Experimental Research of Harmonic Spectrum of Currents at Traction Drive with PMSM. Radioengineering, Vol. 20, No.2, Czech Republic 2011.

Recenzent: Dr hab. inż. Jacek Słania, prof. nzw. Politechniki Częstochowskiej