

Janusz GARDULSKI, Jan WARCZEK

ZASTOSOWANIE KRÓTKOCZASOWEJ TRANSFORMATY FOURIERA W DIAGNOSTYCE ZAWIESZEŃ POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę diagnozowania stanu technicznego elementów zawieszonych samochodowych opartą na krótkoczasowej transformacji Fouriera. Obiekt badawczy to samochód osobowy, w którego przednim zawieszeniu wprowadzono usterki. Wyniki analiz w postaci widm czasowo-częstotliwościowych wykazują czułość zastosowanej metody w zakresie wykrywania wprowadzonych do układu zawieszenia uszkodzeń.

APPLICATION OF SHORT TIME FOURIER TRANSFORM FOR CAR SUSPENSION DIAGNOSTICS

Summary. The paper presents diagnostics method of technical state part of car suspension based in Short Time Fourier Transform. Research object it's passenger car, which front suspension have faults. A results of analysis to reveal sensitivity used method for detects to bring faults.

1. WPROWADZENIE

Zawieszenia współczesnych pojazdów samochodowych to złożone układy mechaniczne zawierające nieliniowe elementy sprężyste i tłumiące. Stopień nieliniowości tych elementów w czasie życia Θ powiększa się. Znalazienie prostego kryterium oceny stanu technicznego elementów zawieszonych w miejscu ich eksploatacyjnego zamocowania jest zadaniem trudnym [1,2], ponieważ sygnały drganiowe generowane przez układy zawieszonych zawierają lokalne niestacjonarność. Z tych względów diagnostyka elementów układu zawieszenia na podstawie analizy częstotliwościowej jest nieużyteczna [3].

Niestacjonarność sygnału drganiowego zawieszonych mogą okazać się użyteczne diagnostycznie, jeżeli zastosujemy odpowiednie procedury badawcze. Chodzi tutaj o analizę czasowo-częstotliwościową.

Znanych jest kilka metod umożliwiających tego typu analizy [4,5]. Jedną z nich jest krótkoczasowa transformata Fouriera (STFT – Short Time Fourier Transform). Wybór tej konkretnej metody podyktowany jest dwoma względami:

- rodzajem występujących w badanym sygnale niestacjonarność,
- stosunkowo krótkim czasem obliczeń (w odniesieniu do innych metod czasowo-częstotliwościowych).

2. METODA BADAŃ I UZYSKANE WYNIKI

Krótkoczasowa transformata Fouriera jest definiowana następująco:

$$S(b, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{-j2\pi ft} \cdot w(t-b) dt \quad (1)$$

W metodzie tej wykorzystuje się okno lokalizacyjne o stałej szerokości:

$w(t-b) = \text{const}$. Ponieważ występuje ścisła zależność pomiędzy szerokością okna a rozdzielczością częstotliwościową, stała szerokość okna czasowego jest pewną wadą tej metody. Podsumowując, im krótsze zastosuje się okno czasowe, tym lepszą uzyskamy rozdzielczość czasową, jednakże krótkie okno czasowe oznacza pogorszenie rozdzielczości częstotliwościowej.

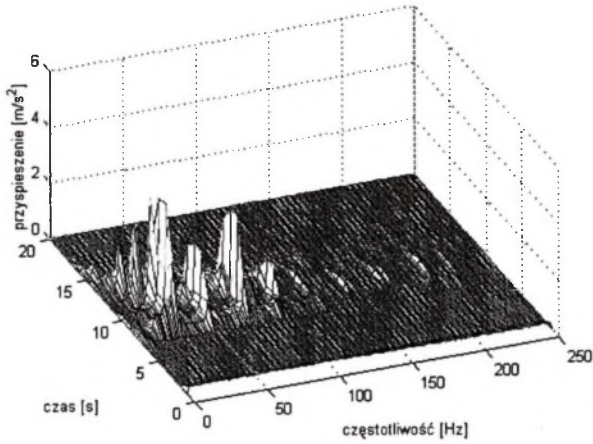
Poprzez dobór częstotliwości próbkowania i długości okna czasowego można zoptymalizować tę metodę tak, aby uzyskać największą „czułość” w pewnym obszarze analizowanych częstotliwości składowych sygnału. Ze względu na własności zawieszonych pojazdów samochodowych najbardziej interesujące są częstotliwości rezonansowe mas resorowanej i nieresorowanej oraz ich nieliniowe rezonanse harmoniczne. Nie są to jedyne użyteczne informacje, chodzi tutaj też o: długość czasu wygasania drgań swobodnych, szerokości okien czasowych lokalnych rezonansów nieliniowych, przesunięcia czasowe pomiędzy miejscowymi maksimami energetycznymi.

Ponadto charakterystyki czasowo-częstotliwościowe zawierają informacje o: częstotliwościach rezonansowych, luzach i przytarciach. Składowe wąskopasmowe o niezmiennych w czasie częstotliwościach odpowiadają częstotliwościom rezonansowym układu wymuszającego. Składowe o zmiennych częstotliwościach związane są z odpowiedzią układu zawieszenia na działające wymuszenia. Natomiast ujawniające się w widmie składowe szerokopasmowe mogą nieść informacje o występujących udarach (chwilowych zaburzeniach ruchu).

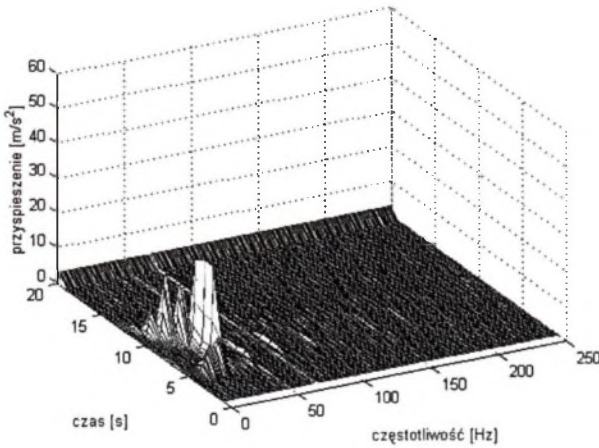
Obiektem badań był samochód osobowy marki Polonez. W czasie badań wprowadzono do układu przedniego zawieszenia następujące rodzaje uszkodzeń:

- luz osiowy na górnym mocowaniu amortyzatora (w kierunku działania siły tłumienia),
- luz na dolnym mocowaniu amortyzatora (prostopadle do kierunku działania siły tłumienia),
- zmiana własności gumy w dolnym przegubie oczkowym amortyzatora (otwór w gumie),
- brak płynu hydraulicznego w amortyzatorze.

Wszystkie pomiary wykonano wykorzystując ten sam wzbudnik drgań, przy czym czas pojedynczego pomiaru obejmuje przebieg drgań związany z pomiarem jednego koła, od momentu uruchomienia wzbudnika drgań do czasu wygaśnięcia drgań swobodnych całego układu. Podczas pomiarów rejestrowano pionowe przyspieszenia drgań nadwozia i koła. W przypadku zawieszenia, którego elementy są nieuszkodzone, widma czasowo-częstotliwościowe przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

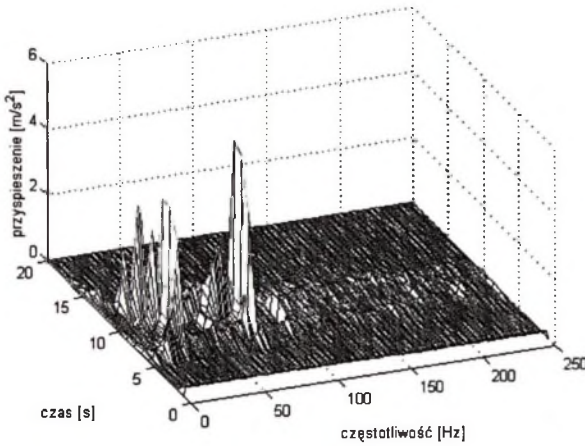


Rys.1. Widmo czasowo-częstotliwościowe dla pionowych przyspieszeń drgań nadwozia
Fig. 1. Time-frequency structure of vertical accelerations body of car



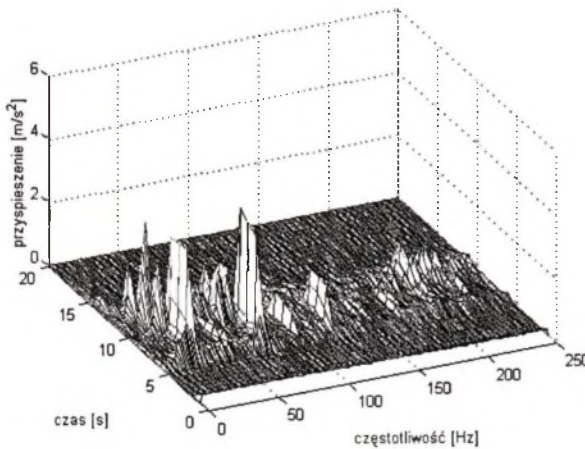
Rys.2. Widmo czasowo-częstotliwościowe dla pionowych przyspieszeń drgań koła
Fig. 2. Time-frequency structure of vertical accelerations road wheel of car

Poniżej zamieszczono przykładowe wyniki analiz uzyskane dla wcześniej wymienionych uszkodzeń. Analizowany materiał to przyspieszenia drgań nadwozia.



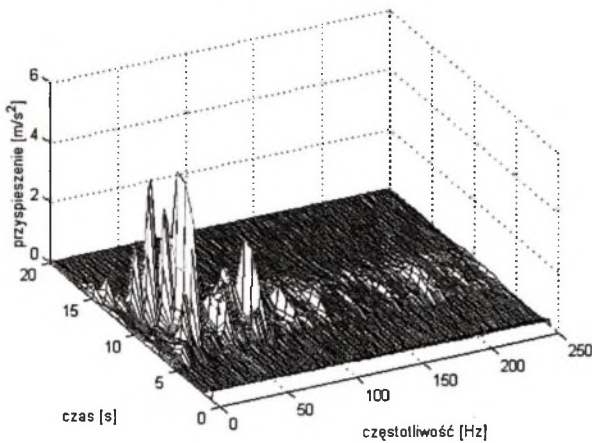
Wytłumienie drugiej harmonicznej. Maksymalne wartości przyspieszeń drgań dla trzeciej harmonicznej w zakresie drgań wymuszonych.

Rys. 3. Widmo czasowo-częstotliwościowe przy luzie osiowym w górnym mocowaniu amortyzatora
Fig. 3. Time-frequency structure for axial clearance in top fix shock absorber



Energia drgań zawiera się w szerokim paśmie częstotliwości. Dobrze widoczna piąta harmoniczna

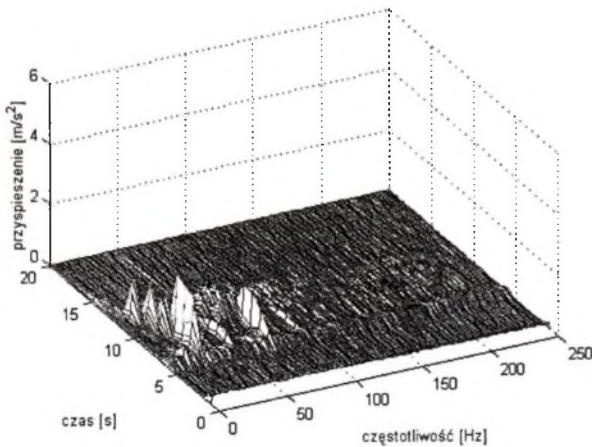
Rys. 4. Widmo czasowo-częstotliwościowe dla przypadku luzu normalnego w dolnym mocowaniu amortyzatora
Fig. 4. Time-frequency structure for perpendicular clearance in pit fix shock absorber



Wzrost wartości przyspieszeń drgań dla pierwszej harmonicznej. Duża amplituda przyspieszeń drgań w obszarze rezonansu mas niesesorowanych (drgania swobodne)

Rys. 5. Widmo czasowo-częstotliwościowe przy zmianie charakterystyki gumy dolnego przegubu oczkowego amortyzatora

Fig. 5. Time-frequency structure for changed rubber characteristics in pit fix shock absorber

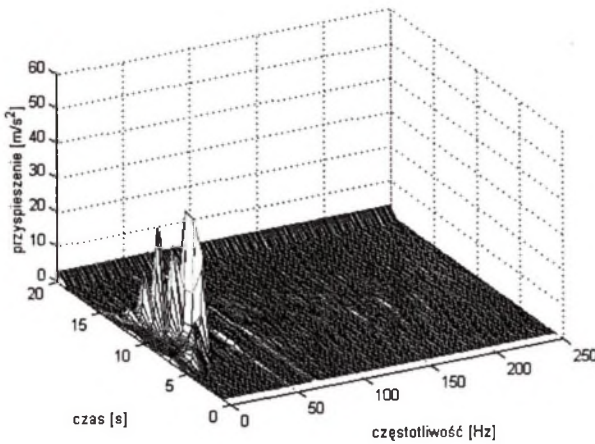


Energia drgań rozproszona w całym paśmie.

Rys. 6. Widmo czasowo-częstotliwościowe przy zerowym tłumieniu amortyzatora

Fig. 6. Time-frequency structure for setting to zero damping shock absorber

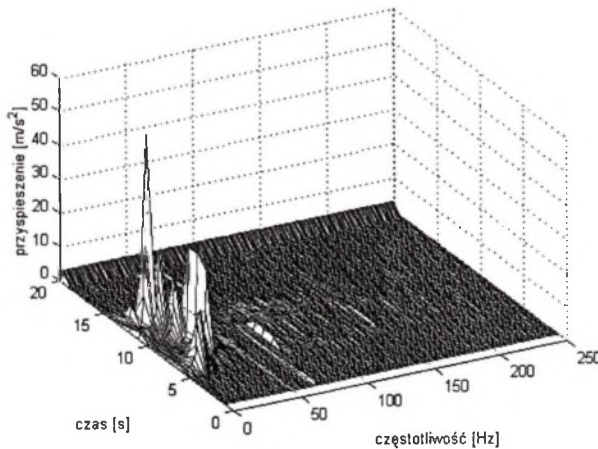
W przypadku przyspieszeń drgań koła wyniki analiz są następujące:



Wydłużenie czasu wygasania drgań swobodnych (ok. 1 s.). Wzmocnienie pierwszej harmonicznej w strefie działania wymuszenia.

Rys. 7. Widmo czasowo-częstotliwościowe przy zmianie charakterystyki gumy dolnego przegubu oczkowego amortyzatora

Fig. 7. Time-frequency structure for changed rubber characteristics in pit fix shock absorber



Duże amplitudy przyspieszeń drgań w obszarze rezonansu mas niesesorowanych. Wydłużenie czasu wygasania drgań swobodnych o ok. 1 s.

Rys. 8. Widmo czasowo-częstotliwościowe przy zerowym tłumieniu amortyzatora

Fig. 8. Time-frequency structure for setting to zero damping shock absorber

3. WNIOSKI

Analiza czasowo-częstotliwościowa zastosowana do sygnałów drganiowych generowanych przez układy zawieszzeń pojazdów samochodowych pozwala na:

- identyfikację rodzaju uszkodzenia,
- lokalizację uszkodzenia w układzie zawieszenia,
- prognozowanie rozwoju uszkodzenia.

Podsumowując, metoda krótkoczasowej transformaty Fouriera zastosowana w przypadku zawieszzeń pojazdów samochodowych może być użytecznym narzędziem diagnostycznym

Literatura

1. Gardulski J.: Symptom wibroakustyczny jako miara diagnostyczna stanu technicznego amortyzatorów samochodowych. II Międzynarodowy Kongres Diagnostyki Technicznej. Warszawa 2000, 237-242.
2. Gardulski J., Warczek J.: Próba zastosowania dyskryminant łącznych w diagnostyce zawieszzeń samochodowych. XXVIII Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn. Węgierska Górka 2001, 191-196.
3. Cempel C.: Podstawy wibroakustycznej diagnostyki maszyn. WNT, Warszawa 1982.
4. Timofiejczuk A.: Wyznaczanie cech sygnałów diagnostycznych obserwowanych w stanach nieustalonych, Kongres Diagnostyki Technicznej. Gdańsk 1996, 281-288.
5. Wilk A., Madej H., Łazarz B.: Zastosowanie analizy czasowo-częstotliwościowej w diagnozowaniu lokalnych uszkodzeń przekładni zębatej, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe. Biuletyn naukowo techniczny nr 1, OBRUM, Gliwice 2001, 63-74.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski

Abstract

The paper presents diagnostics method based in Short Time Fourier Transform used to diagnostics technical state part of car suspension. Research object was passenger car mark's Polonez. To his front suspension introducing following faults:

- axial clearance in top fix shock absorber,
- perpendicular clearance in pit fix shock absorber,
- changed rubber characteristics in pit fix shock absorber,
- setting to zero damping shock absorber.

The results of analysis it's time-frequency structure of accelerations. They confirmation thesis about utility used method for diagnostics car suspension.