

Dr hab. inż. Jan PIETRASIŃSKI, prof. WAT

Dr inż. Dariusz RODZIK

Mgr inż. Witold BUŻANTOWICZ

Mgr inż. Jakub MIERNIK

Wojskowa Akademia Techniczna

Mgr inż. Krzysztof PARAMUSZCZAK

KERATRONIK SA

ANALIZA MOŻLIWOŚCI DETEKcji ZDARZEŃ KRYTYCZNYCH Z UDZIAŁEM MOTOCYKLA

Cz. I. WYKORZYSTANIE DRGAŃ I WIBRACJI MOTOCYKLA

Streszczenie: W referacie poddano analizie możliwości detekcji zdarzeń krytycznych z udziałem motocykla na podstawie drgań i wibracji. Pod tym kątem zaprezentowano wybrane wyniki rejestracji parametrów ruchu motocykla w warunkach miejskich i terenowych. Zwrócono uwagę na główne problemy występujące podczas detekcji i analizy zarejestrowanych przebiegów.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF CRITICAL INCIDENT DETECTION WITH MOTORCYCLE'S PARTICIPATION

PART I. USE OF THE MOTORCYCLE'S VIBRATIONS

Abstract: In this paper, the possibilities of critical incident detection with motorcycle's participation are discussed. The first part of article refers to usage of vibrations. The results of motorcycle's movement parameters registrations (in the urban environment and in the terrain) are presented. The major problems appearing during detection and analysis of registered parameters are highlighted.

1. WPROWADZENIE

W ostatnich kilku latach tak w Polsce, jak i w krajach Unii Europejskiej można zauważyć na drogach coraz większą liczbę pojazdów jednośladowych, w tym również motocykli. Statystyki dowodzą, że w Polsce w roku 2008 nastąpił 40% wzrost sprzedaży motocykli w porównaniu z rokiem 2007 [1]. Warto dodać, że w cytowanym zestawieniu w latach 2006-2008 odnotowano wzrost liczby rejestrowanych motocykli o 116%.

Niestety, wraz ze wzrostem liczby pojazdów jednośladowych na drogach, zarysował się także rosnący trend liczby wypadków i kolizji drogowych z udziałem motocykli. W roku 2009 zginęło w wypadkach aż o 50,2% motocyklistów więcej, a liczba osób rannych wzrosła o 69,8% w stosunku do 2008 r. [2].

Zasadne stało się więc podjęcie przez warszawską firmę KERATRONIK SA wspólnie z pracownikami Instytutu Systemów Mechatronicznych Wojskowej Akademii Technicznej prac badawczo-rozwojowych mających na celu opracowanie prototypu systemu detekcji zdarzeń krytycznych z udziałem motocykli.

Pod pojęciem zdarzenia krytycznego z udziałem motocykla przyjęto rozumieć każde nie dające się przewidzieć zdarzenie drogowe, w którym bierze udział co najmniej jeden

motocykl, a które skutkuje zagrożeniem życia bądź zdrowia ludzkiego, znacznym uszkodzeniem pojazdów uczestniczących lub innymi szkodami w mieniu.

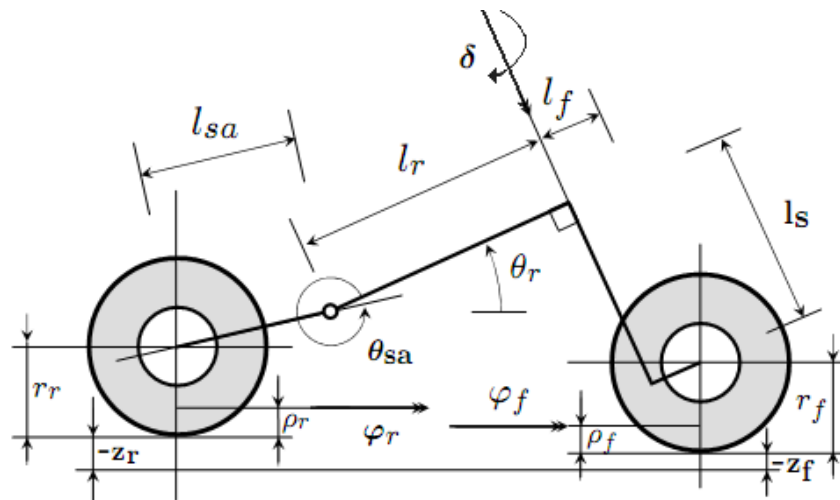
W czasie prowadzenia badań przyjęto założenie, że zdarzenia krytyczne z udziałem motocykli mogą być wykrywane na podstawie zaobserwowanych symptomów w wyniku monitorowania drgań i wibracji, emisji dźwięku motocykla oraz analizy obrazu. Niniejsza praca jest syntetycznym opisem podejścia autorów do rozwiązania problemu detekcji zdarzenia krytycznego na podstawie monitorowania parametrów kinematycznych i dynamicznych układu motocyklista – motor (M – M) i stanowi tylko część szerszej opisanych rozwiązań [3-5].

2. KINEMATYKA I DYNAMIKA UKŁADU MOTOCYKL – MOTOCYKLISTA

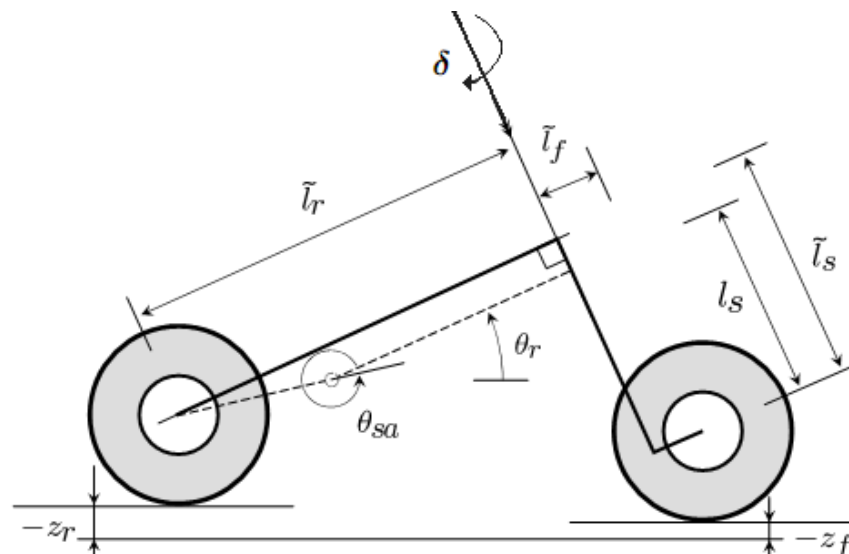
Zakłada się, że motocykl porusza się prosto na płaskiej, poziomej drodze z pewną szybkością. Motocyklista jest uważany za ciało sztywne mocowane do tylnej ramy, która nie może wywierać żadnego wpływu na motocykl.

Geometryczny układ typowego motocykla przedstawiono na rys. 1.

a)



b)



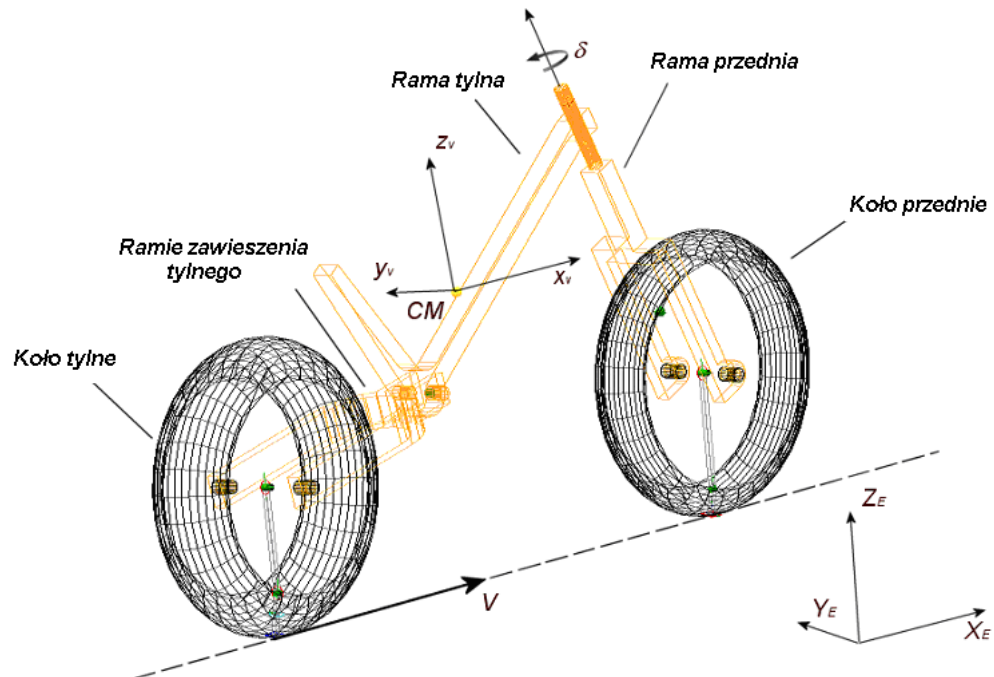
Rys. 1. Schemat motocykla [6]:
a) standardowa geometria; b) zawieszenie

Ponadto przyjęto, że motocykl posiada sztywne zawieszenie. Z punktu widzenia kinematyki jest to układ przestrzenny, którego ruch można opisać za pomocą czterech następujących współrzędnych: kąta kierownicy (δ), kąta przechylenia (θ_r), kąta odchylenia (θ_{sd}), bocznego przemieszczenia środka masy (CM).

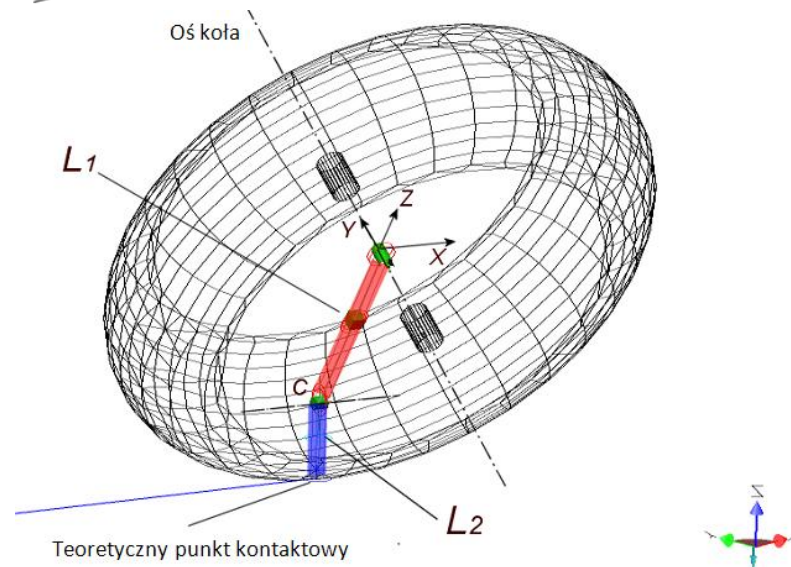
Przyjmuje się, że układ motor - motocyklista składa się z dwóch części (patrz rys. 2):

- tylnej ramy, w tym: kierowcy, silnika, zbiornika paliwa, siedzenia i tylnego koła;
- przedniej ramy, w tym: widelca, kierownicy i przedniego koła.

a)



b)



Rys. 2. Przyjęty model motocykla (a) oraz koła (b)

Podczas ruchu opony są wolne do ślizgu, więc wytwarzają siły boczne, które są liniową funkcją kątów ślizgu i kąta pochylenia kół. Siły te, z praktycznego punktu widzenia można uznać za sprężyste.

Mając powyższe założenia na uwadze, przyjmuje się dodatkowo, że oś kierownicy nie może poruszać się na boki. Motocykl może więc być traktowany jako dwa oddzielone od siebie systemy z jednym stopniem swobody każdy:

- przedniej ramy oscylującej wokół osi kierownicy, w którym siła boczna opony z przodu (z normalnym szlakiem jako dźwigni) działa jako siła przywrócenia;
- do tylnej ramy oscylujących wokół osi kierownicy, na której siła boczna tylnej opony (dźwignia proporcjonalna do rozstawu osi kół) działa jako siła przywrócenia.

Można wyróżnić dwa rodzaje drgań – przedniej ramki wokół osi kierownicy, zwane drganiami chybotania na boki oraz oscylacji tyłu ramki wokół osi kierownicy, zwane falowaniem. Częstotliwość drgań chybotania określić można z zależności [6]:

$$v_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\lambda_f} \alpha_n \cos \epsilon}{I_f}} \quad (1)$$

gdzie: n – normalna do kierunku jazdy;

I_f – moment bezwładności przedniej ramki wokół osi kierownicy;

k_{λ_f} – sztywność przedniej opony;

ϵ – kąt główki ramy.

Natomiast, częstotliwość drgań falowania określić można z zależności:

$$v_f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\lambda_r} l \cos \epsilon}{I_r}} \quad (2)$$

gdzie: l – długość ramienia tylnej opony w stosunku do osi kierownicy;

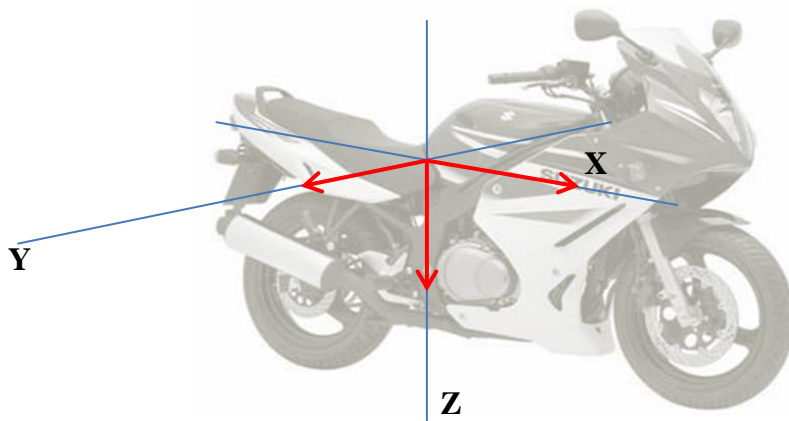
I_r – moment bezwładności tylnej ramy wokół osi kierownicy;

k_{λ_r} – sztywność tylnej opony.

3. REJESTRACJA PARAMETRÓW CHARAKTERYSTYCZNYCH RUCHU MOTOCYKLA W WARUNKACH MIEJSKICH I TERENOWYCH

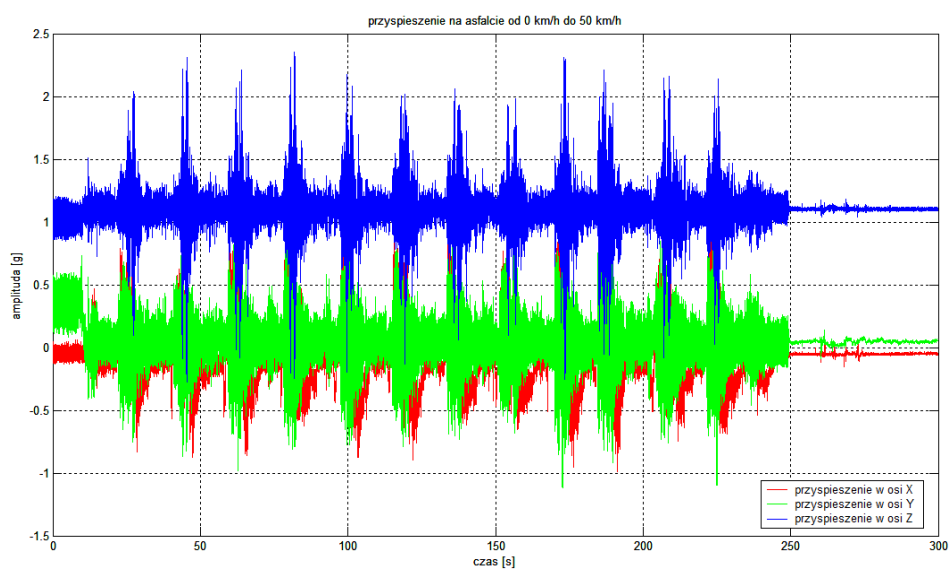
W pierwszym etapie pomiarów przeprowadzono rejestrację podstawowych parametrów kinematycznych ruchu motocykla podczas jazdy miejskiej i w warunkach terenowych [7]. Ten etap badań obejmował realizację zbioru zadań testowych, opisujących w sposób możliwie wierny zachowanie motocykla w sytuacjach typowych. Do sytuacji takich zaliczono: przejazd po nawierzchni płaskiej, po nawierzchni wyboistej, pokonywanie zakrętów dróg, gwałtowne przyspieszanie i hamowanie, pokonywanie poprzecznych przeszkód na drodze.

W związku z tak przedstawionym zadaniem zaprojektowano i przeprowadzono serię testów pozwalających na zgromadzenie danych pomiarowych w ilości niezbędnej do dalszej analizy. Pomiar przeprowadzono za pomocą 3-współrzędnych akcelerometrów (MSR). Podczas testów oba czujniki umieszczone zostały pod siedzeniem pojazdu, wzdłuż osi głównej (osi jazdy) motocykla, którą oznaczono jako X. Oś poprzeczną do kierunku jazdy, a równoległą do powierzchni ziemi, opisano jako Y, zaś oś pionową – Z (por. rys. 3).

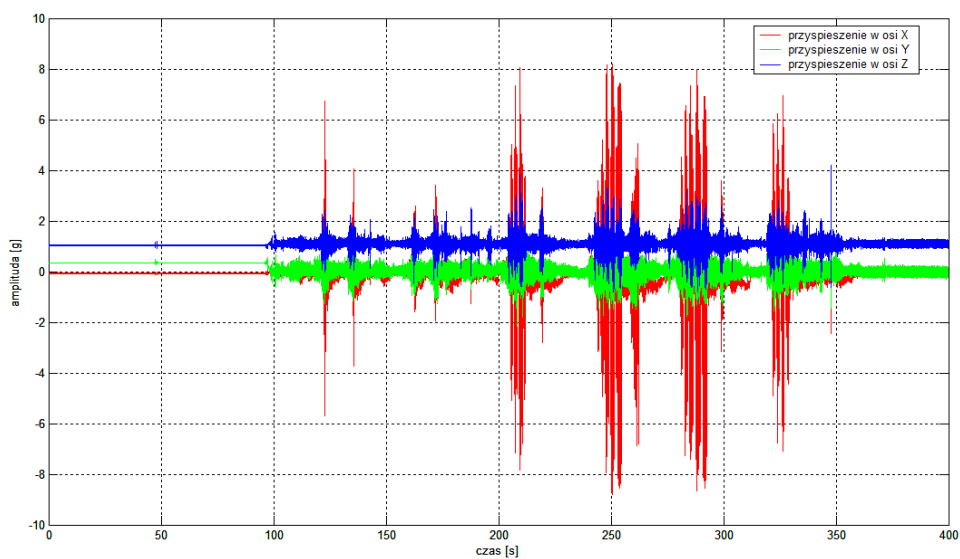


Rys. 3. Układ współrzędnych przyjęty dla czujników MSR

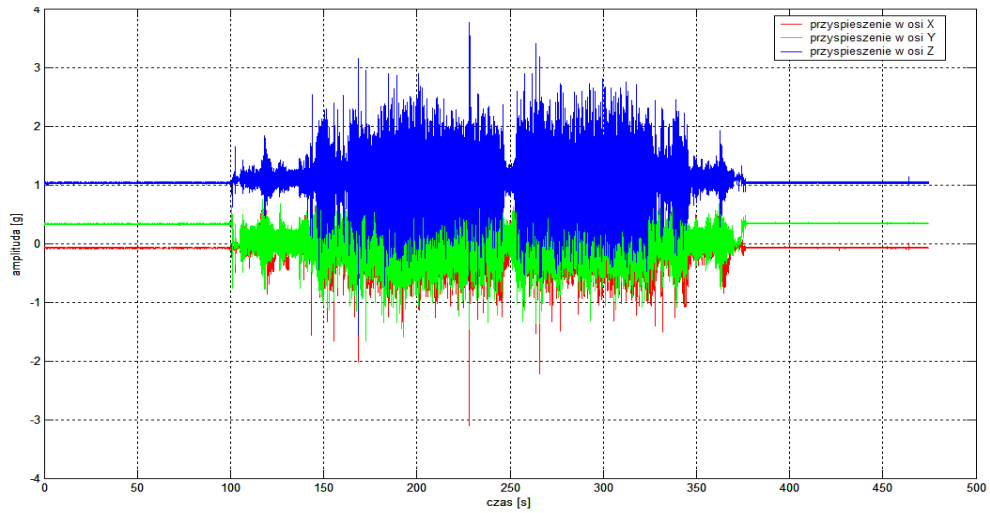
Przykładowe wyniki zarejestrowanych przebiegów przedstawiono na rys. 4-8.



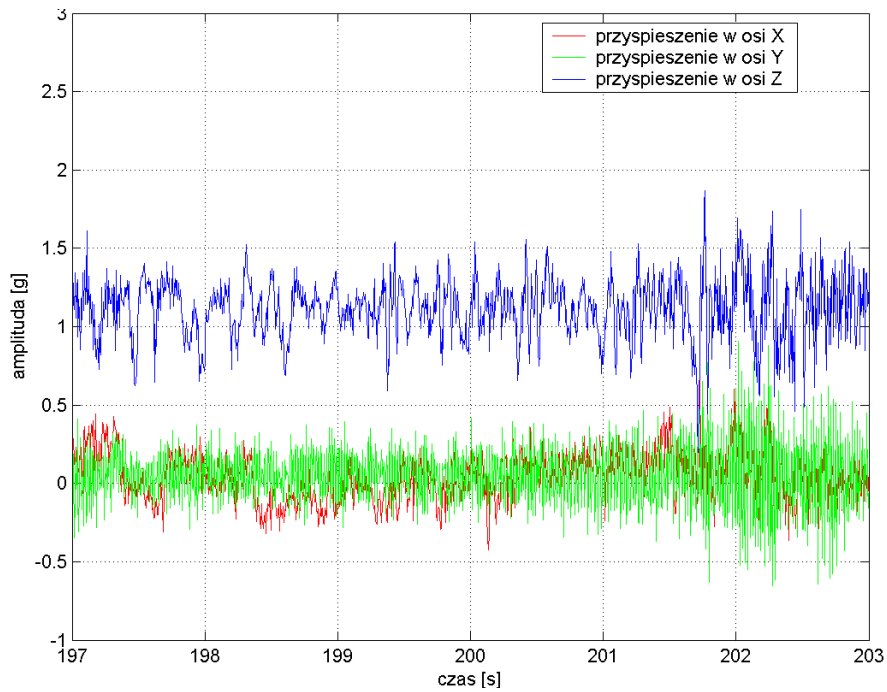
Rys. 4. Dane pozyskane z urządzenia MSR podczas wielokrotnego przyspieszania i hamowania motocyklem



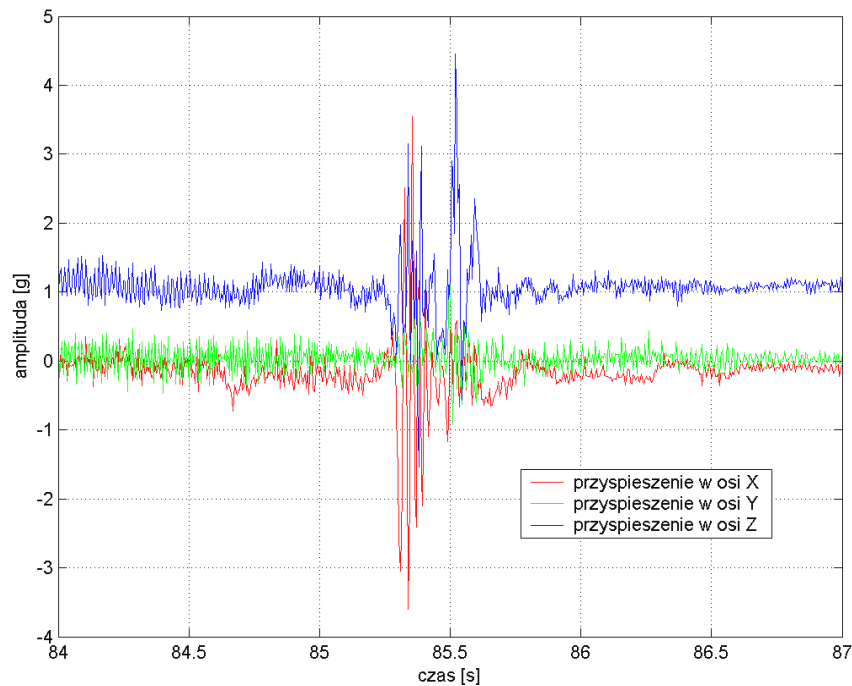
Rys. 5. Dane pozyskane z urządzenia MSR podczas gwałtownego hamowania



Rys. 6. Dane pozyskane z urządzenia MSR podczas przejazdu po płytach betonowych



Rys. 7. Zbliżenie przebiegu uzyskanego dla czujnika MSR podczas ciągłej jazdy terenowej z prędkością 30-50 km/h



Rys. 8. Zbliżenie przebiegu uzyskanego dla czujnika MSR podczas najazdu na przeszkodę poprzeczną

4. PODSUMOWANIE

Podczas zdarzeń krytycznych, w szczególności zderzeń z przeszkodami, występują znaczne siły bezwładności oraz momenty sił. Motocyklista oraz motocykl poddani zostają znacznym przeciążeniom, wielokrotnie przekraczającym wartości występujące w normalnych warunkach jazdy.

Przeprowadzone testy wykazały, że głównym problemem występującym podczas analizy danych przez projektowany system detekcji zdarzeń krytycznych będzie zagadnienie poprawnego oddzielenia rejestrowanych zjawisk kinematycznych związanych z ruchem motocykla od drgań konstrukcji będących konsekwencją pracy układu napędowego (silnika i skrzyni biegów) [8].

Poprawna detekcja zjawisk znajdujących swoje odzwierciedlenie w rejestrowanych przez akcelerometry przebiegach stanowi w tym przypadku kwestię kluczową. Drgania generowane przez silnik motocykla przenoszone są na rejestratory, co w konsekwencji skutecznie uniemożliwia wykorzystanie danych zapisywanych wprost do detekcji zdarzeń krytycznych. Przy przeciążeniach wynikających ze zjawisk kinematycznych rzędu 1-1,5 g i tych pochodzących od drgań konstrukcji na poziomie 8-10 g otrzymuje się stosunek mocy sygnału do mocy szumu na poziomie 1 : 60.

W związku z tym proces analizy danych pomiarowych został ukierunkowany na odfiltrowanie danych powiązanych ze zjawiskami kinematycznymi od drgań konstrukcji i wydobywanie informacji istotnej, umożliwiającej określenie parametrów ruchu motocykla.

LITERATURA

- [1] Kowalik P.: *Statystyki wypadków na motocyklach w 2008*, serwis internetowy, 2009.02.24.
- [2] Jędrzejczak P.: *Wypadki motocyklowe 2009 – koszmarne statystyki*, serwis internetowy, 2010.03.18.
- [3] Pietrasieński J., Rodzik D., Bużantowicz W., Miernik J., Paramuszczak K.: *Analiza możliwości detekcji zdarzeń krytycznych z udziałem motocykla. Cz. II. Wykorzystanie emisji dźwięku motocykla*, materiały konferencyjne, XVI Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, t. 2, Jurata 14-18 maja, 2012, s.197-204.
- [4] Pietrasieński J., Miluski W., Rodzik D., Bużantowicz W., Miernik J., Paramuszczak K.: *Analiza możliwości detekcji zdarzeń krytycznych z udziałem motocykla. Cz. III. Wykorzystanie metod analizy obrazu*, materiały konferencyjne, XVI Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, t. 2, Jurata 14-18 maja, 2012, s. 205-214.
- [5] Pietrasieński J., Miluski W., Rodzik D., Bużantowicz W., Miernik J., Paramuszczak K.: *Koncepcja i układowa realizacja systemu detekcji zdarzeń krytycznych z udziałem motocykla*, materiały konferencyjne, XVI Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, t. 2, Jurata 14-18 maja, 2012, s. 215-220.
- [6] Cossalter V., Doria A., Lot R.: *Steady turning of two-wheeled vehicles*, *Vehicle System Dynamics*, 31:157{181}, 1999.
- [7] International Standard ISO 13232: 1996(E). *Motorcycles – Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles*, Parts 1 to 8, International Standards Organizations, Geneva, December 1996.
- [8] Pietrasieński J. (kier.): *Opracowanie koncepcji detekcji zdarzeń krytycznych z udziałem motocykli*, sprawozdanie z pracy PBU 01-555/WAT/2010, WAT, Warszawa 2011.