

KUPIEC Jerzy

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SYGNAŁU ZE ZŁĄCZA OBD W DIAGNOZOWANIU UKŁADU HAMULCOWEGO

Streszczenie

W artykule podjęto problematykę diagnozowania układu hamulcowego na podstawie przebiegu sygnałów dostępnych ze złącza OBD. W badaniach wykorzystano samochód Opel Astra III oraz Renault Scenic II, system CDIF2 oraz stanowisko rolkowe do badań hamulców. Zbadano jak zmieniają się wartości dostępnych parametrów podczas hamowania pojazdem z niesprawnym układem hamulcowym. Określono, które z dostępnych parametrów można wykorzystać a które nie.

WSTĘP

W miarę postępu motoryzacji spostrzec można zmiany konstrukcji samochodów, przyczyniające się do poprawy ich właściwości eksploatacyjnych, zwiększających komfort użytkowania i zmniejszających ich uciążliwość dla środowiska. Oprócz rozwoju mechaniki, postępowi motoryzacji nierozzerwalnie w ostatnich czasach towarzyszy rozwój elektroniki i elektromechaniki. Jak donosi firma Bosch w swoim informatorze technicznym, wartość elementów elektrycznych i elektronicznych zastosowanych w samochodzie stanowi obecnie ok. 26% wartości całego pojazdu [1].

Samochód składa się z wielu układów, których sprawność działania jest niezbędna do zapewnienia prawidłowego użytkowania pojazdu. Jak wszystkie układy mechaniczne będące w eksploatacji, także i samochody będące takim układem, się zużywają. Dotyczy to wszystkich podzespołów wchodzących w ich skład. Jednym z nich jest układ hamulcowy, którego poprawne działanie jest kluczowym elementem zapewniającym bezpieczeństwo użytkowania samochodu. Ważną rolę w jego zapewnieniu zarówno dla bezpieczeństwa osób poruszających się pojazdami, jak i dla bezpieczeństwa ruchu drogowego, odgrywa szybka i trafna diagnoza, która przyczynia się do szybkiego rozpoznania usterek w badanych układach.

Aby móc określić, który z układów pojazdu samochodowego posiada znamiona niezdatności i tym samym odpowiada za wadliwe funkcjonowanie pojazdu, należy przeprowadzić badanie diagnostyczne. Obecnie każdy samochód przechodzi takie badanie przynajmniej raz w roku podczas okresowego badania technicznego. Niestety nawet pozytywny wynik takiego badania nie gwarantuje bezawaryjnego użytkowania w okresie między przeglądami. Może dojść do pogorszenia funkcjonalności pojazdu. Niejednokrotnie objawy takiego stanu są nieczytelne i trudne do zidentyfikowania dla niedoświadczonych użytkowników pojazdów. Powyższy stan rzeczy generuje potrzebę częstszego sprawdzania poprawności funkcjonowania poszczególnych elementów składowych pojazdu, a przynajmniej tych, które mają decydujący wpływ na poziom bezpieczeństwa czynnego

samochodu. Do układów takich bez wątplenia należy układ hamulcowy. Kryteria oceny jego stanu są ściśle określone przez ustawodawcę [2]. Do najistotniejszych usterek związanych z układem hamulcowym zaliczyć można m.in.: zużycie okładzin ciernych, zaolejenie par trących hamulców, zwichrowanie tarcz hamulcowych, zapowietrzenie układu lub zapieczenie zacisku hamulcowego. Weryfikację poszczególnych uszkodzeń układu hamulcowego przy wykorzystaniu urządzenia rolkowego przedstawiono szerzej w pracy [3]. Gdzie na podstawie uzyskanego przebiegu zmian wartości sił hamowania określono przyczynę niesprawności układu. Producenci pojazdów wprowadzają w swoich konstrukcjach elementy odpowiadające za ocenę stanu układu hamulcowego, np. poprzez wprowadzenie czujników monitorujących stopień zużycia okładzin ciernych hamulców. Koncepcje wprowadzenia monitora diagnostycznego stanu okładzin ciernych zaprezentowano w pracy [4]. Opierała się ona na zastosowaniu dodatkowych czujników w kloku hamulcowym oraz odpowiedniego oprogramowania prognozującego stan okładzin. Ponadto, nie stosowane są żadne systemy monitorujące stan omawianego układu, działające w oparciu o informacje o skuteczności działania układu tj. siły oddziałujące na pojazd podczas hamowania. Ponieważ większość układów pracujących w dzisiejszych pojazdach samochodowych zaopatrzonych jest w czujniki, istnieje możliwość wykorzystania istniejących już w pojeździe sensorów. W artykule podjęto próbę określenia stanu układu hamulcowego na podstawie informacji o wartościach poszczególnych parametrów diagnostycznych, dostarczanych przez czujniki fabrycznie zamontowane w pojeździe. Do tego celu użyto czujniki wchodzące w skład systemów ABS/ESP/TC.

1. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ I APARATURY POMIAROWEJ

W badaniach wykorzystano dwa pojazdy klasy średniej wyposażone w hydrauliczne układy hamulcowe ze wspomaganie podciśnieniowym oraz hamulce tarczowe na obu osiach. Pierwszym z nich był Opel Astra III wyposażony w układ ABS z zamontowanym układem umożliwiającym różnicowanie ciśnienia w przewodach hamulcowych osi przedniej. Dzięki niemu możliwe było uzyskanie płynnej regulacji różnicy w sile hamowania między kołami od 0% do 50%. Drugim pojazdem był Renault Scenic II wyposażony w układy ABS/ESP, dzięki czemu staniała możliwość obserwacji większej ilości parametrów niż w Oplu Astrze. Ich podstawowe parametry techniczne zestawiono w tabeli nr 1.

Tab.1. Charakterystyczne dane techniczne pojazdów badanych.

Parametr	Opel Astra III	Renault Scenic II
Rozmiar opon	205/55 R16	205/60 R16
Ciśnienie w ogumieniu - oś przednia	2,1 [bar]	2,3 [bar]
Ciśnienie w ogumieniu - oś tylna	2,1 [bar]	2,2 [bar]
Nacisk na oś przednią (podczas badań)	892 [kg]	984 [kg]
Nacisk na oś tylną (podczas badań)	573 [kg]	646 [kg]
Masa własna pojazdu	1305 [kg]	1530 [kg]
Dopuszczalna masa całkowita	1920 [kg]	2195 [kg]
Zainstalowane systemy	ABS	ABS/ASR/ESP
Umiejscowienie gniazda diagnostycznego	Pod obudową hamulca postojowego	Pomiędzy przednimi fotelami

Zródło: badania własne.

Jako urządzenie rejestrujące i umożliwiające komunikację z pojazdami wykorzystano system diagnostyczny CDIF/2. Daje on możliwość zarejestrowania wybranych parametrów podczas prowadzenia testów oraz ich eksportu w postaci plików o rozszerzeniu xls. Pliki te zostały następnie wykorzystane do dalszej analizy w programie MatLab.

Ostatnim urządzeniem wykorzystywanym podczas badań było urządzenie rolkowe IW2 firmy Maha wchodzące w skład linii diagnostycznej do badania pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5[t]. Urządzenie to w przeciwieństwie do innych metod pomiaru sił hamowania zapewnia powtarzalność wyników dzięki zapewnieniu stałych warunków środowiskowych oraz jednakowego procesu pomiarowego.

2. BADANIA

W ramach badań podjęto próbę uzyskania odpowiedzi na pytanie, jakie informacje pozyskiwane ze złącza diagnostycznego OBD będą udostępnione przez producenta pojazdu oraz czy mogą one stanowić parametry informujące o spełnieniu kryteriów dla badanego układu.

Zestawienie przeprowadzonych testów dla obu samochodów:

- test informacji możliwych do uzyskania ze złącza,
- test umożliwiający określenie kroku próbkowania zarejestrowanego sygnału
- hamowanie z 30 km/h do 0 km/h dla układu hamulcowego sprawnego,
- hamowanie z 30 km/h do 0 km/h dla układu hamulcowego niesprawnego (różnica w sile hamowania pomiędzy kołami osi przedniej 50%),
- badanie hamulców osi przedniej na stanowisku rolkowym (układ sprawny),
- badanie hamulców osi przedniej na stanowisku rolkowym (układ niesprawny 50% różnicy w sile hamowania),
- przejazd z ciśnieniem prawidłowym w ogumieniu (nominalny promień koła),
- przejazd z ciśnieniem obniżonym w prawym kole do wartości 0,5 bar (minimalny bezpieczny dla ogumienia promień koła).

2.1. Parametry diagnostyczne dostępne poprzez złącze OBD

Uzyskanie informacji z poszczególnych systemów pojazdu wymaga podłączenia się do złącza diagnostycznego, wybrania z pośród całej gamy modeli i systemów właściwych dla badanego pojazdu i uruchomienia procedury komunikacyjnej. Należy pamiętać, że bez włączenia zapłonu nie da się nawiązać komunikacji. Ilość dostępnych parametrów jest uzależniona od oprogramowania zastosowanego w testerze. W przypadku CDIF2 dla samochodu Opel Astra można było uzyskać dostęp tylko do kilku z nich. Mianowicie po uzyskaniu komunikacji poprzez złącze OBD z systemem ABS pojazdu uzyskano informacje jedynie o prędkościach obrotowych kół przednich i tylnych [km/h] oraz informacje o włączeniu lub wyłączeniu światła stop.

W przypadku samochodu Renault oprogramowanie umożliwiło uzyskanie w systemie ABS/ESP następujących parametrów: kąt skrętu kierownicy [$^{\circ}$], przyspieszenie kątowe wychylenia od osi pionowej [$^{\circ}/s^2$], położenie pedału hamulca [zwolniony/wciśnięty], prędkości obrotowe kół [km/h], prędkość samochodu [km/h], przyspieszenie poprzeczne [m/s^2] oraz przyspieszenie wzdłużne [m/s^2].

Przykład podłączenia się z urządzeniem CDIF/2 do gniazda diagnostycznego OBD samochodu Renault oraz sposób reakcji systemu na nawiązanie komunikacji przedstawiono na rys. nr 1.

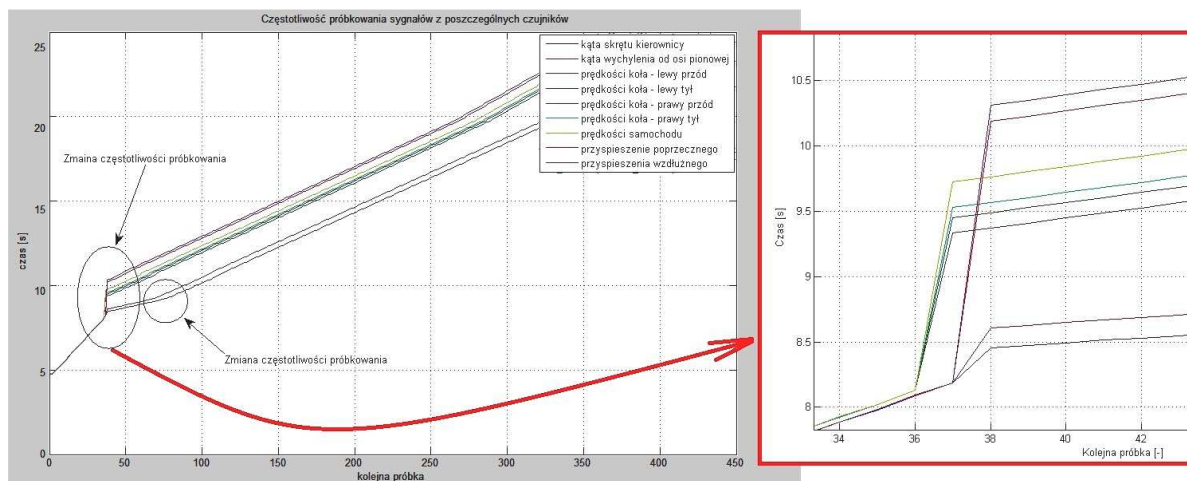


Rys. 1. Sposób podłączenia do gniazda OBD w samochodzie Renault testera diagnostycznego CDiF2.
 1- gniazdo OBD, 2-CDiF2, 3-komputer PC z oprogramowaniem, 4-ekran z wyborem systemu
 diagnozowanego, 5- ekran z dostępnymi do rejestracji parametrami, 6- kontrolki
 autodiagnostyki od ABS i ESP świecące podczas połączenia z systemem.

Źródło: fotografia własna.

2.2. Określenie kroku próbkowania dla zarejestrowanego sygnału

Korzystając w badaniach z możliwości rejestrowania wyników z wykorzystaniem urządzenia CDiF2 występuje pewien problem z ustaleniem kroku próbkowania sygnału mierzonego oraz okresowego jego rozsynchronizowania. Należy nadmienić że z poziomu testera diagnostycznego nie jesteśmy w stanie sterować częstotliwością próbkowania sygnału. Rozsynchronizowanie można wykryć analizując wykres zmian wartości czasu rejestracji kolejnych próbek (rys. 2). Przebieg prawidłowy powinien stanowić linię prostą. Jak przedstawiono na przykładowym przebiegu w początkowej fazie rejestracji nastąpiła zmian częstotliwości próbkowania, co w konsekwencji daje przesunięcia czasowe poszczególnych sygnałów utrudniając bądź uniemożliwiając dalszą analizę otrzymanych wyników. Stąd, przed przystąpieniem do analizy otrzymanych sygnałów trzeba wykonać to sprawdzenie. W przypadku wykrycia rozsynchronizowania przebiegów badania należy powtórzyć.



Rys. 2. Wykrywanie rozsynchronizowania zarejestrowanych sygnałów na podstawie przebiegów zmian czasu rejestrowania próbek.

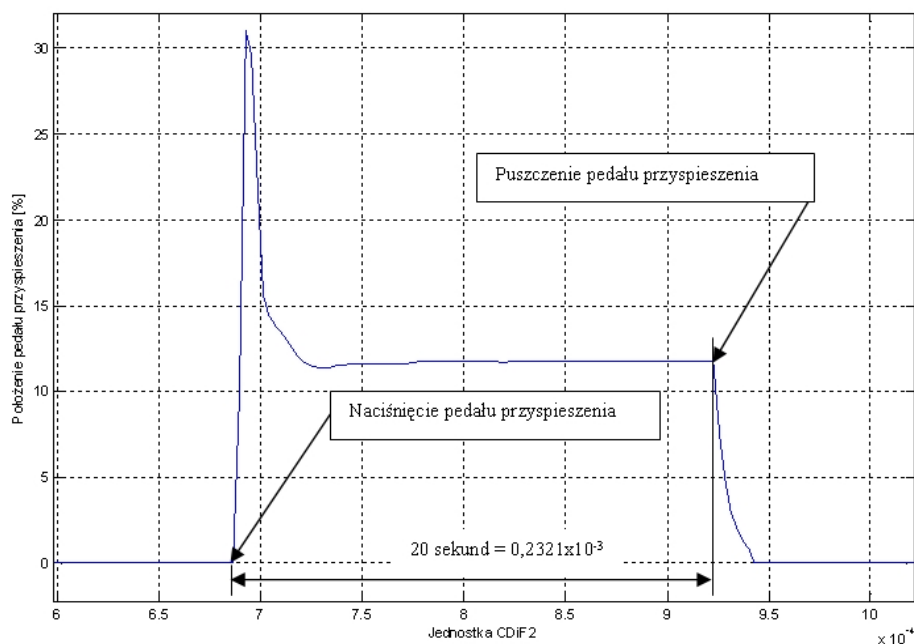
Źródło: badania własne.

Kolejny problem dotyczący ustalenia kroku próbkowania rozwiązano mierząc rzeczywistą długość czasu przy próbie przyspieszenia. Wykorzystano stoper oraz sygnał położenia pedału przyspieszenia. Start - pedał przyspieszenia wciśnięty, stop - pedał zwolniony. Rejestrowana długość odcinka pomiarowego to 20 sekund (rys. 3). Przeprowadzono cztery próby a ich wyniki uśredniono uzyskując wartość $0,2321 \times 10^{-3}$. Następnie korzystając z proporcji określono zależność do wyliczenia wartości osi czasu stosowaną przez system.

$$x = \frac{20 \cdot A}{0,2321 \times 10^{-3}}$$

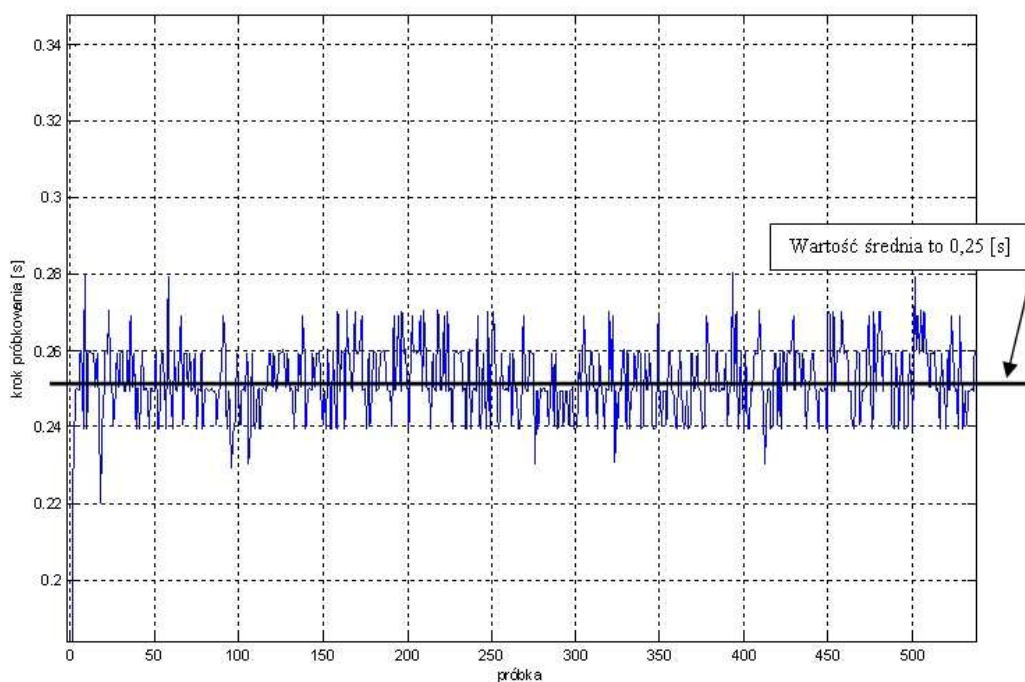
gdzie za A należy podstawić wartość osi X z urządzenia rejestrującego.

Badając odległości sąsiednich próbek dla przykładowego testu określono krok próbkowania sygnału przez urządzenie CDiF2 i wynosił on średnio 0,25 [s] (rys. 4).



Rys. 3. Przebieg sygnału położenia pedału przyspieszenia w funkcji jednostek czasu testera diagnostycznego.

Źródło: badania własne.



Rys. 4. Przebieg zmian kroku próbkowania w całym zakresie pomiarowym wraz z wartością średnią.
Źródło: badania własne.

2.3. Test hamowania na stanowisku rolkowym

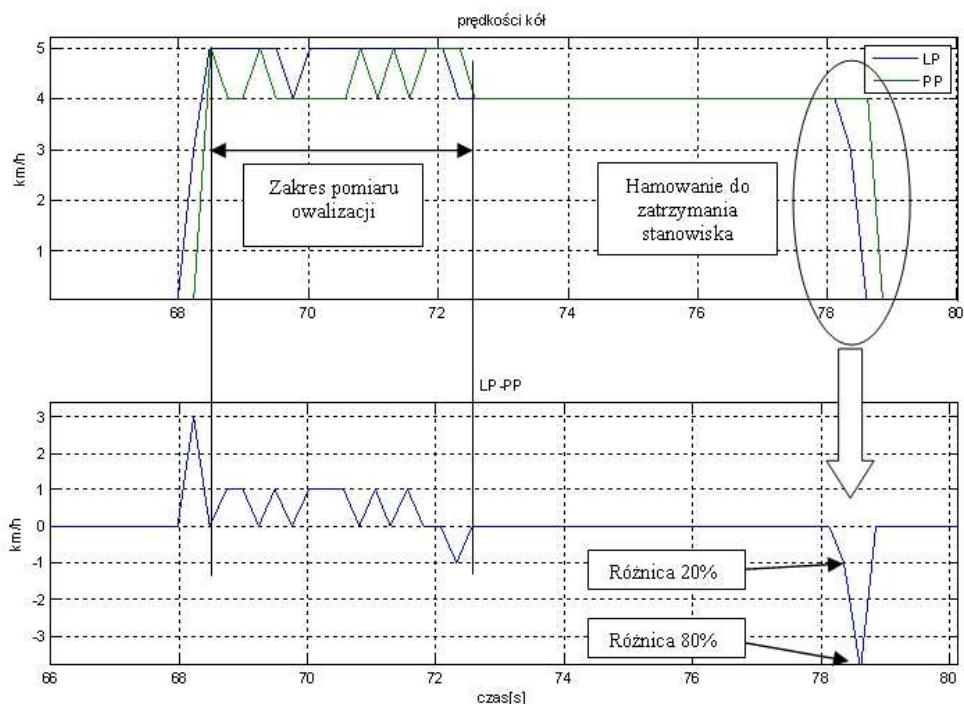
Stanowisko rolkowe wykorzystano do określenia wartości sił hamowania i ich równomierności dla badanego pojazdu. Dla każdego pojazdu wykonano po trzy próby hamowania. Wyniki uzyskane ze stanowiska dla obu pojazdów po ich uśrednieniu zestawiono w tabeli nr 2.

Tab.2. Wartości średnie uzyskane podczas pomiarów sił hamowania na stanowisku rolkowym.

	Koło lewe	Koło prawe	różnica	Stan układu
Jednostki	[kN]	[kN]	[%]	
Renault Scenic II				
Hamulec roboczy, oś przednia	3,95	3,78	5	sprawny
Hamulec roboczy, oś tylna	2,83	2,87	2	sprawny
Opel Astra III				
Hamulec roboczy, oś przednia	4,1	3,53	14	sprawny
Hamulec roboczy, oś tylna	2,47	2,46	1	sprawny
Symulowana niesprawność osi przedniej				
Hamulec roboczy, oś przednia	3,78	1,96	49	niesprawny
Hamulec roboczy, oś tylna	2,34	2,46	6	niesprawny

Źródło: badania własne.

Podczas tego testu analizowano również dostępne sygnały z czujników prędkości obrotowych kół. Porównaniu podlegały prędkości obrotowe kół osi przedniej. Pierwsza wartość odnosi się do pomiaru różnicy w prędkościach przy badaniu tzw. owalizacji. W tym zakresie zarówno przy badaniu układu sprawnego jak i z symulowaną usterką nie zaobserwowano żadnych zmian. W obu przypadkach wartość różnicy w prędkościach wynosiła średnio 20%. Różnicę wyznaczono przyjmując za 100% wartość prędkości dla koła lewego przedniego. Natomiast w ostatniej fazie hamowania na stanowisku tuż przed zatrzymaniem uzyskano znaczące różnice prędkości. Dla układu sprawnego wynosiła średnio 30% natomiast dla niesprawnego średnio -60%. Przykładowy przebieg procesu hamowania na stanowisku rolkowym wraz z naniesionymi informacjami istotnymi pokazano na rys. 5.

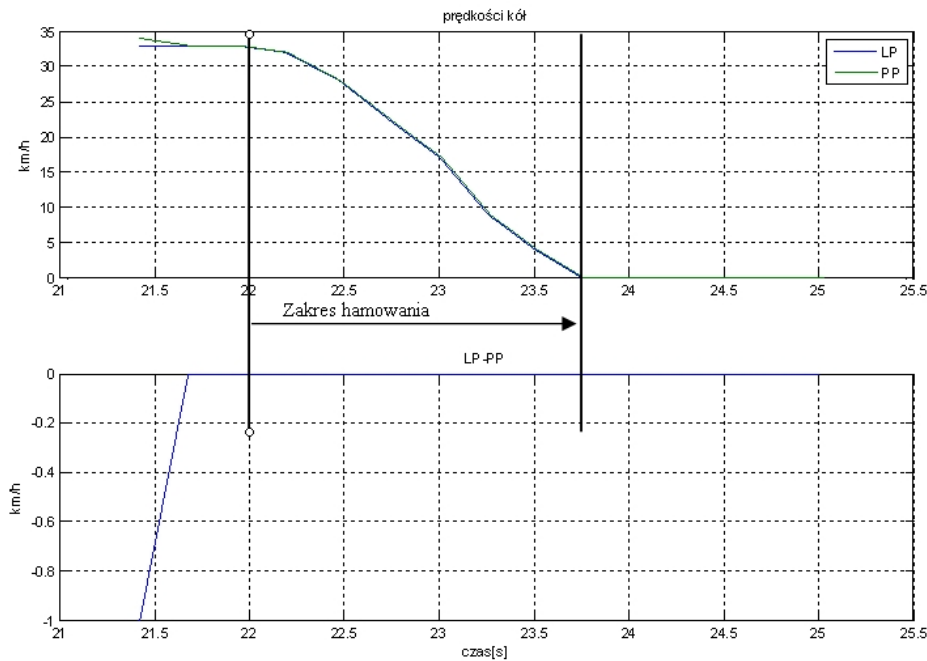


Rys. 5. Przebiegi parametrów podczas próby hamowania na stanowisku rolkowym dla samochodu Opel Astra.

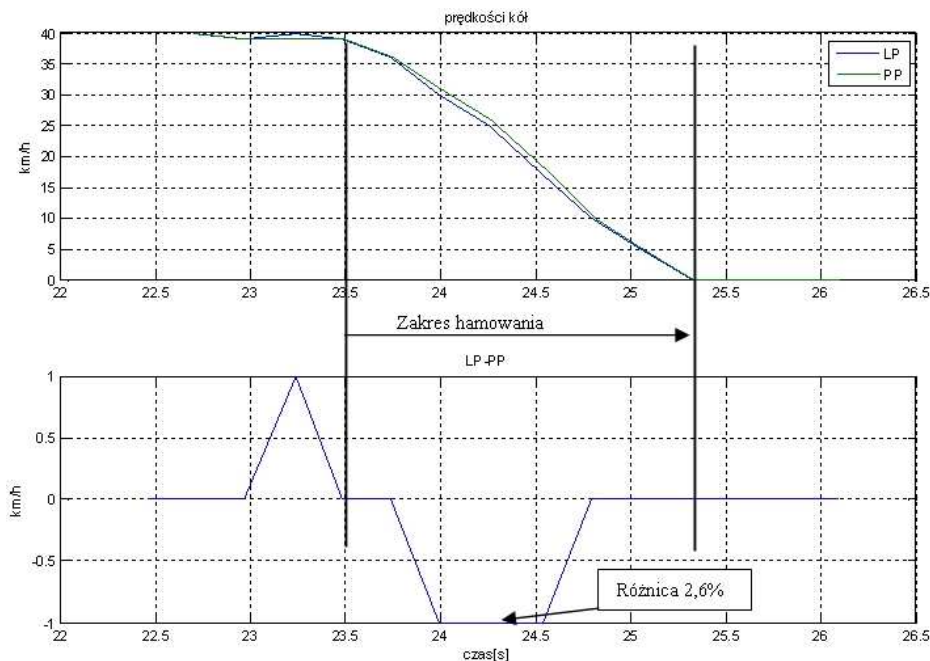
Źródło: badania własne.

2.4. Testy drogowe hamowania

Dla obu pojazdów przeprowadzono testy hamowania z prędkości 30 km/h stosowane jako testy diagnostyczne do oceny skuteczności hamowania z wykorzystaniem opóźniomierza. Test polegał na rozpędzeniu pojazdu do prędkości około 30 km/h następnie naciśnięciu pedału hamulca i obserwowaniu zachowania pojazdu w trakcie całego procesu hamowania. Jednocześnie rejestrowano przebiegi sygnałów z dostępnych czujników. Test należy wykonać na prostym odcinku drogi o nawierzchni twardej i czystej, aby do minimum ograniczyć możliwość wystąpienia poślizgu kół. Uważa się go za zaliczony, jeżeli podczas hamowania nie nastąpiło zablokowanie kół hamowanych oraz nie została przekroczona dopuszczalna siła nacisku na pedał hamulca (dla badanych pojazdów wynosi 500[N]). Hamulce w badanym pojeździe uważa się za sprawne, jeżeli zarejestrowane opóźnienie hamowania nie będzie mniejsze niż dla badanych samochodów $5,0[m/s^2]$ a odchylenie toru jazdy nie będzie przekraczało 0,5[m] w lewą lub prawą stronę. Przykładowe przebiegi sygnałów prędkości kół zarejestrowane przez tester diagnostyczny przedstawiono na rys. 6 i 7.



Rys. 6. Przebiegi parametrów podczas próby hamowania z prędkości 30 km/h dla samochodu Opel przy sprawnym układzie hamulcowym.
 Źródło: badania własne.

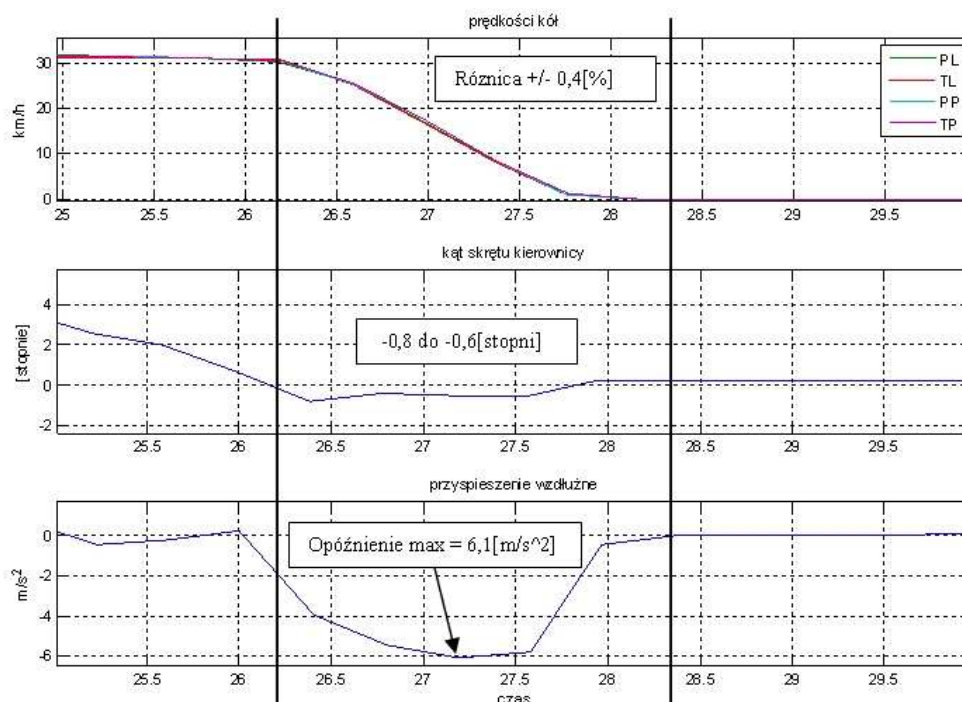


Rys. 7. Przebiegi parametrów podczas próby hamowania z prędkości 30 km/h dla samochodu Opel przy symulowanej usterce układu hamulcowego.
 Źródło: badania własne.

Dla samochodu Opel Astra przy sprawnym układzie hamulcowym jak można się było spodziewać nie zaobserwowano różnic w prędkościach obrotowych kół. Po zasymulowaniu usterki otrzymano niewielkie w porównaniu z wartościami różnicy w sile hamowania wartości wynoszące 2,6%.

Dla samochodu Renault poza prędkościami kół można poddać analizie również opóźnienie hamowania oraz korygowanie toru jazdy na podstawie zmian kąta skrętu

kierownicy podczas hamowania. Przykładowe przebiegi sygnałów wraz z uzyskanymi zakresami wartości przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Przebiegi parametrów podczas próby hamowania z prędkości 30 km/parametrów dla sprawnego układu w samochodzie Renault.

Źródło: badania własne.

2.5. Test wrażliwości sygnału na zmianę promienia koła

Przy stałej wartości momentu hamującego z zmieniającym się promieniu zmniejsza się wartość uzyskanej siły hamowania na styku opony z nawierzchnia jezdni. Zachowanie równych wartości sił hamownia na kołach jednej osi ma istotny wpływ na stateczność hamowania. Stąd ważnym jest uzyskanie możliwości rozpoznania zmiany promienia koła. Podczas badań do zasymulowania zmiany promienia wykorzystano obniżenie ciśnienia powietrza w ogumieniu.

Wraz ze zmianą promienia zmienia się również droga pokonywana przez koło przy stałej wartości prędkości pojazdu. Aby można było rozpoznać zmianę promienia koła potrzebna jest dokładna informacja o jego prędkości obrotowej. W tym celu przeprowadzono test jezdny polegający na przejechaniu minimum 10 sekundowych odcinków ze stałą prędkością około 20 km/h i zarejestrowaniu ich przebiegów. Każdy kolejny przejazd odbywał się przy zmniejszonym ciśnieniu powietrza od wartości nominalnej 2,1[bar] do 0,5[bar]. Promień koła przy tej operacji zmieniał się od 293[mm] do 276[mm]. Jednak przy wykorzystaniu testera diagnostycznego nie można było zaobserwować zmian wartości prędkości pomiędzy kołami badanej osi.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można dojść do następujących wniosków:

- głównym problemem z pozyskaniem sygnałów przez złącze OBD jest konieczność posiadania sprzętu i oprogramowania umożliwiającego komunikację i rejestrację;
- niektóre systemy po nawiązaniu z nimi komunikacji przestają działać informując o tym kierowcę poprzez zapalenie się kontrolki (rys.1). Jest to szczególnie ważne podczas

przewodzenia testów drogowych ze względu na możliwość blokowania kół podczas hamowania;

- przed przystąpieniem do analizy zależności między sygnałami należy upewnić się, że nie nastąpiło ich rozsynchronizowanie na podstawie zmian czasu rejestracji. Zdarza się to w początkowej fazie procesu rejestracji;
- ze względu na krótki czas trwania procesu intensywnego hamowania (1-2[s]) częstotliwość próbkowania sygnału 0,25 [s] jest wartością zdecydowanie zbyt małą, aby porównać sygnały prędkości obrotowej kół;
- duża nierównomierność hamowania (50% różnicy siły na kołach osi przedniej) symulowana w badaniach daje się wykryć na stanowisku rolkowym w sposób jednoznaczny (różnice w prędkościach kół dochodzą do 60[%]). Natomiast podczas badań drogowych daje się jedynie zaobserwować niewielką różnicę (2,6[%]) w prędkościach kół osi badanej;
- badany sygnał prędkości obrotowej kół okazał się być niewrażliwy na zmiany promienia koła wynikające ze zmian ciśnienia w ogumieniu;
- sygnały przyspieszenia wzdłużnego można bezpośrednio wykorzystywać do określenia maksymalnej wartości opóźnienia hamowania i porównywać z kryteriami oceny układu hamulcowego. Pomocnym w ocenie może być również sygnał o kącie skrętu koła kierownicy w trakcie hamowania, dzięki któremu można określić tendencje pojazdu do zmiany toru ruchu.

BIBLIOGRAFIA

1. Informator techniczny BOSCH, Czujniki w pojazdach samochodowych, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
2. Dziennik Ustaw nr 32 poz. 262 z 2003 r. z późniejszymi zmianami
3. Kupiec J.: Możliwości oceny uszkodzeń układu hamulcowego na podstawie wykresów sił hamowania, Logistyka 6/2010r.
4. Gajek A.: System diagnostyki pokładowej układów hamulcowych pojazdów samochodowych „Diagnostyka” 2008, nr 1 (45), s. 165-170.

EVALUATION OF SIGNAL USE FROM VEHICLE OBD SYSTEM IN BRAKES DIAGNOSIS

Abstract

This article presents problems of brakes fault diagnosis based on the signals available from the OBD. In research used car Opel Astra III and Renault Scenic II, CDIF2 system and the roller brake tester. Changes of measurable parameters during braking a vehicle with defective braking system were examined. This helped with estimation which of available parameters is suitable for diagnostic purposes.

Autorzy:

dr inż. **Jerzy KUPIEC** – Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel: (048) 061 665 2709, e-mail: jerzy.kupiec@put.poznan.pl