



Jerzy KUPIEC

# DIAGNOZOWANIE USTEREK W UKŁADZIE HAMULCOWYM NA PODSTAWIE SIŁ W DRAŻKACH KIEROWNICZYCH

### *Streszczenie*

*W artykule podjęto problematykę diagnozowania układu hamulcowego na podstawie przebiegu zmian sił w drążkach kierowniczych występujących podczas hamowania. W badaniach wykorzystano samochód Opel Astra z czujnikami siły zamontowanymi na obu drążkach kierowniczych oraz stanowisko rolkowe do badań hamulców. Określono jak zmieniają się wartości sił na drążkach kierowniczych podczas hamowania pojazdem z niesprawnym układem hamulcowym. Uzyskane rezultaty świadczą o możliwości wykorzystania informacji o siłach na drążkach do diagnozowania układu hamulcowego przynajmniej przedniej osi.*

### WSTĘP

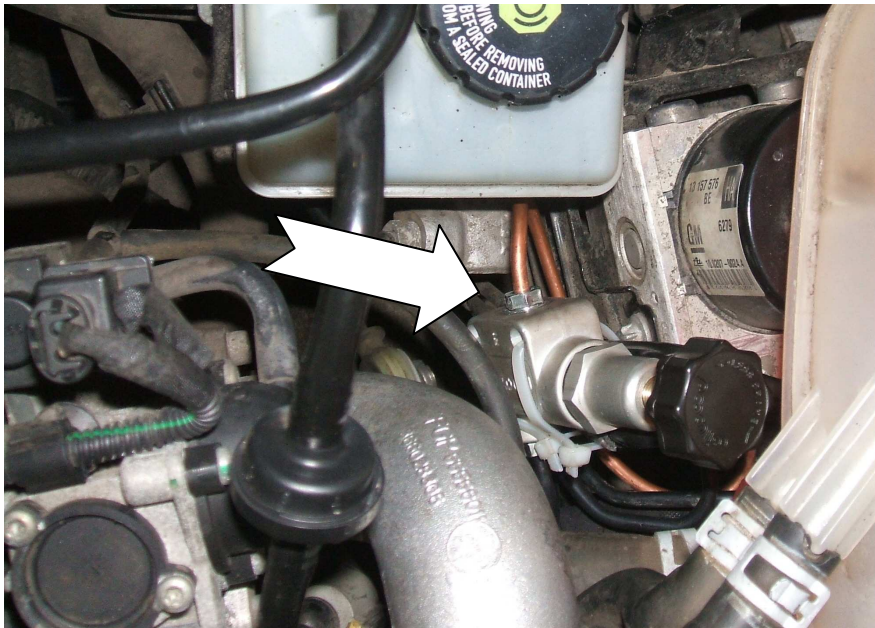
Stan techniczny pojazdów poruszających się po naszych drogach ma istotny wpływ na bezpieczeństwo użytkowników dróg. Każdy pojazd wyposażony jest w szereg systemów wspomagających pracę kierowcy jednak jak dotąd za płynne i bezpieczne zatrzymanie go odpowiada układ hamulcowy. Czy będzie on sterowany przez kierowcę czy system automatyczny nie jest to istotne. Natomiast, aby mógł on spełnić swoje zadanie musi być sprawny. Stąd podlega on okresowej kontroli podczas corocznych badań technicznych wykonywanych w stacjach kontroli pojazdów. Jednak układ ten używany jest praktycznie codziennie podczas jazdy i warto było by posiadać informacje o jego sprawności częściej niż raz do roku.

W przeciwieństwie do układów silnika, który posiada szereg monitorów diagnostycznych wraz z systemem diagnostyki pokładowej [4] system hamulcowy nie posiada układu diagnostycznego umożliwiającego sygnalizowanie usterki powodującej jego niesprawność. Wstępem do budowy takiego systemu może być rozpoznanie, jakie informacje można uzyskać z istniejących systemów oraz jakie rozwiązania można zastosować w celu uzyskania pełniejszej informacji o prawidłowości działania układu. Sygnały z czujników wartości mierzonych występujących we współczesnych pojazdach, które można wykorzystać do diagnostyki układu hamulcowego czy układu kierowniczego to czujniki: włączenia hamulca, prędkości obrotowej pojazdu, przyspieszenia poprzecznego i wzdłużnego, prędkości obrotowej kół, kąta obrotu kierownicy [1]. Dają one jednak informację pośrednią o działających siłach, które mogą powodować zaburzenia toru jazdy. Informację bezpośrednią można uzyskać badając siły w układzie kierowniczym a konkretniej siły w drążkach kierowniczych. Jakie znaczenie dla prowadzenia pojazdu mają siły występujące w układzie podczas testów w warunkach normalnej eksploatacji przedstawiono w pracy [5]. Natomiast to

czy można je wykorzystać do diagnostyki wymaga dogłębnego zbadania. Pierwszym krokiem poza wyborem obiektu badań jest określenie rodzaju badanego układu. Zdecydowano się na wykorzystanie przekładni zębatkowej będącej wyposażeniem fabrycznym obiektu badań. Dla takiego rozwiązania postanowiono sprawdzić wpływ siły hamowania generowanej na styku koła z nawierzchnią drogi na reakcje w drążkach układu kierowniczego oraz możliwość wykorzystania informacji o wartościach tych reakcji w diagnostyce układu hamulcowego.

## 1. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ I APARATURY POMIAROWEJ

W badaniach wykorzystano samochód osobowy Opel Astra III kombi fabrycznie wyposażony w hydrauliczny układ hamulcowy ze wspomaganiem, na obu osiach posiadający hamulce tarczowe. Rozmiar ogumienia zastosowanego w pojeździe to 205/55 R16, maksymalne naciski na osie przód/tył to 891/616[daN]. Do symulacji usterki w układzie hamulcowym wykorzystano układ różnicujący ciśnienie pomiędzy kołami osi przedniej. Zastosowano zawór dozujący firmy Wilwood pokazany na rys. nr 1, który umożliwił płynną regulację ciśnienia w przewodzie układu hamulcowego koła prawego w zakresie od 100% do 50%. Bez możliwości całkowitego zamknięcia przepływu płynu hamulcowego.



Rys.1. Umiejscowienie zaworu sterującego ciśnieniem w przewodzie układu hamulcowego.

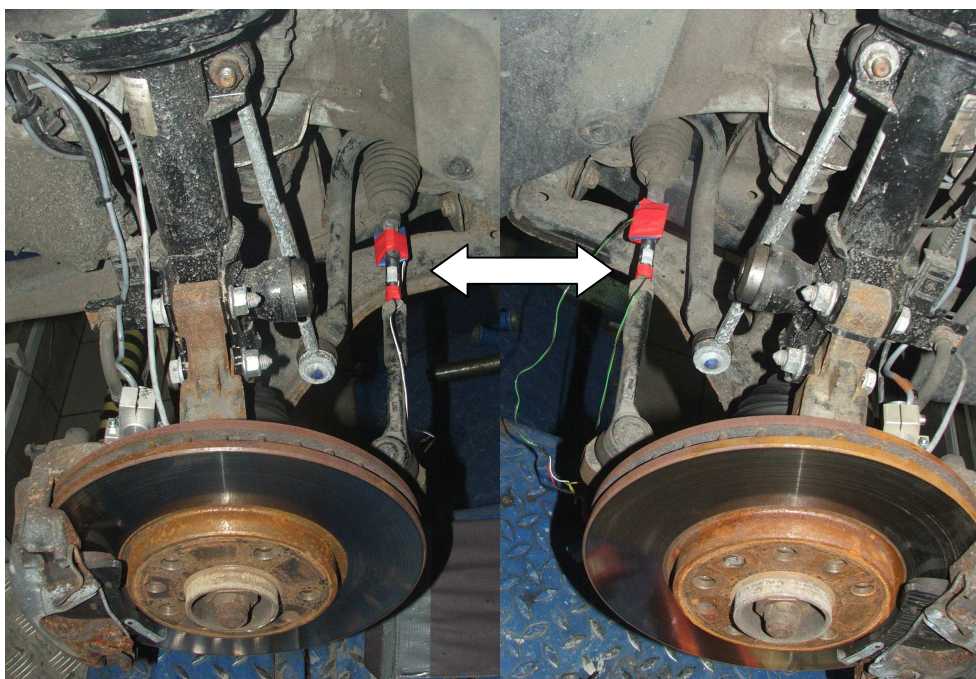
Źródło: fotografia własna.

Efektom takiej regulacji była różnica sił hamowania na kołach osi przedniej dochodząca do 50%. Układ kierowniczy pojazdu wyposażono w klasyczną przekładnię zębatkową ze wspomaganiem hydraulicznym. W celu pomiaru sił w układzie kierowniczym na obu drążkach kierowniczych zamontowano siłomierze (bazujące na mostkach tensometrycznych). Sposób zamontowania pokazano na rys. nr 2.

Do analizy przebiegu wartości sił panujących w drążkach podczas hamowania niezbędnym było posiadanie sygnału synchronizującego informującego o momencie rozpoczęcia i zakończenia procesu hamowania. Pojazd jest fabrycznie wyposażony w układ włączający światła stop, lecz do celów badawczych zastosowano czujnik siły nacisku na pedał hamulca, który umożliwia poza stwierdzeniem faktu naciśnięcia na pedał również uzyskanie informacji o sile, z jaką kierowca na niego naciska. Stosunek wartości tej siły do siły

hamowania daje informacje diagnostyczną. Te informacje wystarczą do badań układu w warunkach quasi statycznych natomiast do badań w warunkach dynamicznych potrzebna jest jeszcze informacja o przyspieszeniu wzdłużnym występującym podczas hamowania. Można ją uzyskać korzystając z czujnika przyspieszeń zamontowanego w kierunku podłużnej osi pojazdu. Zastosowano tu czujnik mikro-mechaniczny zamontowany pod podwoziem z ukierunkowaniem osi pomiarowej równoległe do osi podłużnej pojazdu.

Do rejestracji danych pomiarowych wykorzystano system pomiarowy AEP 2.50 firmy Datron. Jest to system do zbierania i wstępnego przetwarzania danych uzyskanych podczas pomiarów, kontrolowanym za pomocą oprogramowania pracującego na komputerze PC. Cały układ pomiarowy zamontowano na pojeździe i odpowiednio zamocowano. W badaniach wykorzystano również rolkowe stanowisko do badania hamulców IW2, w które była wyposażona linia diagnostyczna firmy MAHA.



**Rys.2.**Umieszczenie układu do pomiaru siły na drążkach kierowniczych kół osi przedniej.

**Źródło:** fotografia własna.

## 2. KRYTERIA OCENY SPRAWNOŚCI UKŁADU HAMULCOWEGO

Biorąc pod uwagę badany pojazd a jest nim samochód osobowy to kryteria oceny są podane w sposób jasny i zwięzły w literaturze dotyczącej diagnostyki pojazdów samochodowych [2] oraz aktach prawnych [3]. Jednak warto przytoczyć te, które można zweryfikować przy pomocy informacji o siłach panujących w drążkach kierowniczych podczas hamowania.

Pierwszy istotny parametr to równomierność rozkładu siły hamownia pomiędzy kołami jednej osi. Różnica w sile hamowania nie może przekraczać 30% wartości siły większej, lecz zaleca się by nie była ona większa od 20%. Ta różnica powinna wpływać również na siły w drążkach kierowniczych.

Drugi to wartość opóźnienia hamowania, która nie może być mniejsza niż  $5 \text{ m/s}^2$  podczas próby drogowej.

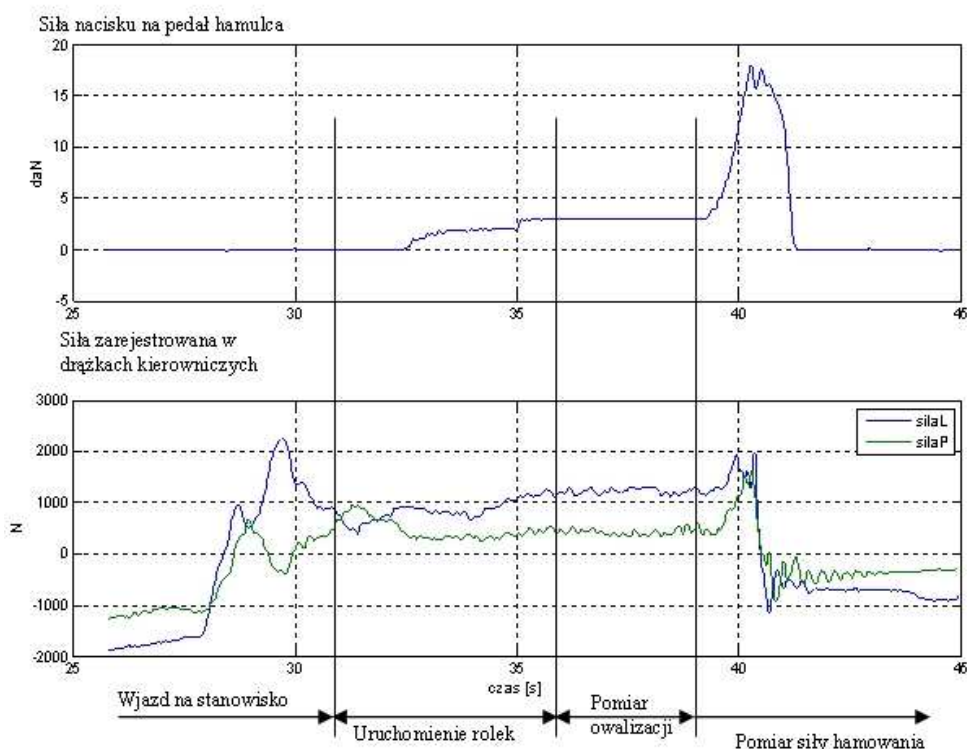
Trzeci to informacja o nacisku na układ uruchamiający, który to nie może przekroczyć  $500[\text{N}]$ .



### 3. BADANIA

Badania wykonano dla dwóch rodzajów sytuacji, w jakich znajduje się pojazd. Są to gwałtowne hamowania przed przeszkodą, podczas którego możemy określić maksymalne opóźnienie hamowania oraz badanie techniczne na stanowisku rolkowym.

Pierwsze badania wykonano dla stanowiska rolkowego i dwóch stanów sprawności układu hamulcowego. Stanowisko rolkowe uruchamiane jest automatycznie po wykryciu w obu zestawach rolek kół pojazdu. Wyłącza się również automatycznie po zarejestrowaniu przekroczenia 20% poślizgu jednego z kół. W trakcie badania można obserwować zmiany wartości sił na kołach prezentowane na ekranie monitora jednostki sterującej w postaci wykresów słupkowych oraz po zakończeniu badania w postaci wykresów zależności siła hamowania koła lewego od prawego. W trakcie badania uzyskujemy informacje o pulsacji siły hamowania w trakcie obrotów koła przy stałej wartości siły nacisku na układ uruchamiający tzw. owalizacja. Stąd długość zarejestrowanego pomiaru około 15[s].



Rys. 3. Charakterystyka przebiegu sygnałów uzyskanych z badań na stanowisku rolkowym.

Źródło: badania własne.

W trakcie przejazdu samochodem przez stanowisko rolkowe rejestrujemy siły na drążkach kierowniczych oraz siłę nacisku na pedał hamulca. Przejazdy wykonano dla układu sprawnego i niesprawnego (48% różnicy). Przykładowy zarejestrowany przebieg pokazano na rysunku nr 3 wraz z zaznaczeniem fragmentów odpowiadających poszczególnym operacjom.

Do analizy możliwości wykorzystania sygnału z czujników siły w drążkach wykorzystano fragment przejazdu z badania owalizacji. Ten zakres charakteryzuje się stabilnością wskazań zarówno dla siły wymuszającej jak i sił w drążkach kierowniczych. Z czterech przejazdów wyciągnięto wartość średnią i błąd odchylenia standardowego dla zmiany wartości sił w drążkach. I tak różnica wartości średnich pomiędzy układem sprawnym i niesprawnym wynosi dla koła lewego -533[N] (zarejestrowano wzrost siły rozciągającej) dla koła prawego 550[N] (spadek siły rozciągającej). Wyniki zestawiono w tabeli nr 1.

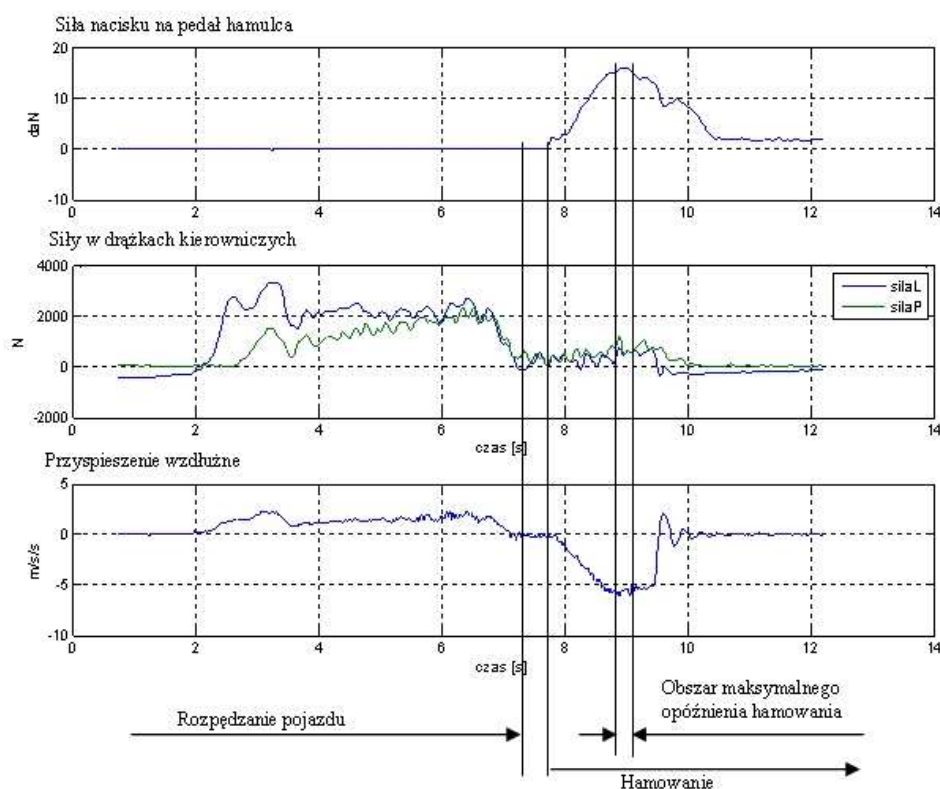
**Tab.1.** Wyniki pomiarów dla badania na rolkach.

Układ hamulcowy	Drażek lewy	Drażek prawy	Nacisk na pedał
	[N]	[N]	[daN]
Sprawny	767 ±115	1150 ±173	3
Niesprawny	1300 ±141	600 ±100	3
Różnica	-533	550	0

**Źródło:** badania własne.

Drugi zestaw badań dotyczy hamowani przed przeszkodą często występującego podczas jazdy miejskiej. Testem odzwierciedlającym taką sytuację jest drogowy test hamowania stosowany przez diagnostów do określenia zachowania się samochodu podczas całego procesu. Dla badanego pojazdu wykonano kilka prób hamowania z prędkości 30 km/h do 0 km/h dla układu sprawnego i niesprawnego podobnie jak dla badania na stanowisku rolkowym. Podczas badania rejestrowano poza siłami na drążkach i na pedale hamulca również opóźnienie hamowania. Dzięki tym informacjom można określić np. opóźnienie działania układu hamulcowego, lecz z punktu widzenia możliwości zastosowania sygnału o sile w drążkach kierowniczych istotnym było zarejestrowanie przebiegu opóźnienia hamowania. Przykładowy przebieg sygnałów zarejestrowanych podczas próby pokazano na rys. nr 4.

Na podstawie uzyskanych przebiegów sygnałów określono obszary, z których pobierano dane do dalszej analizy. Wyznaczono je kierując się siłami, jakie działają na pojazd podczas hamowania a są one największe przy największym opóźnieniu. I właśnie z zakresu największego opóźnienia zestawiono wartości sił panujących w drążkach kierowniczych wraz z błędami odchylenia standardowego.



**Rys. 4.** Charakterystyka przebiegu sygnałów uzyskanych z badań dla próby drogowej

**Źródło:** badania własne.

W tym przypadku różnica wartości średnich pomiędzy układem sprawnym i niesprawnym wynosi dla koła lewego -15[N] (zarejestrowano nieznaczny wzrost siły rozciągającej) dla koła prawego 35[N] (nieznaczny spadek siły rozciągającej). Wyniki zestawiono w tabeli nr 2.

**Tab.2.** Wyniki pomiarów dla badania opóźnienia hamowania.

Układ hamulcowy	Drażek lewy [N]	Drażek prawy [N]	Przyspieszenie wzdłużne [m/s <sup>2</sup> ]
Sprawny	660 ±167	910 ±261	-6,7
Niesprawny	675 ± 50	875 ± 50	-6,1
Różnica	-15	35	0,6

**Źródło:** badania własne.

Układ kinematyczny zawieszenia pojazdu powiązany jest z kinematyką układu kierowniczego w taki sposób, aby podczas hamowania koła miały tendencje do zwiększania zbieżności. Jest to zjawisko pożądane ze względu na stabilizację kierunkową pojazdu. Stąd pojawiające się wartości sił rozciągających w drążkach kierowniczych. Wartości te spadają lub rosną w zależności od sił hamowania, które powodują cofanie się sworzni zwrotnic i pogłębianie zbieżności.

W przypadku stanowiska rolkowego nie występują opisane wyżej zjawiska ze względu na brak dynamiki podczas badania. Natomiast pojawia się zjawisko stabilizacji koła w układzie dwóch rolek powodujące przy zbieżności pojazdu badanego -6 mm występowanie sił prostujących koło a powodujących rozciąganie drążków kierowniczych. Tym większe im większe są siły hamujące.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie otrzymanych wyników badań można dojść do następujących wniosków:

- sygnał o siłach panujących w drążkach kierowniczych można wykorzystać do określenia równomierności hamowania na kołach osi przedniej,
- badanie na stanowisku rolkowym daje bardziej precyzyjną informację o stanie układu jednak wymaga posiadania stanowiska pomiarowego oraz pobierania danych do analizy z określonego zakresu przebiegu hamowania,
- badanie drogowe dają mniej zadowalające rezultaty ze względu na niewielkie zmiany wartości sił, co powoduje konieczność zapewnienia idealnych warunków pomiarów, czyli np. idealnie gładkiej i poziomej nawierzchni drogi itp.
- konieczność stosowania układu pomiarowego na zużywającym się i podlegającym wymianom elemencie układu kierowniczego stanowi pewien minus przy zastosowaniu go do ciągłego monitorowania pracy układu hamulcowego,

## VEHICLE BRAKE FAULT DIAGNOSIS BASED ON FORCES IN ROD TRACKS

### *Abstract*

*This article presents problems of breaking system fault diagnosis based on force changes in track rods. Opel Astra vehicle equipped with force measurement system mounted in track rods and roller tester were used in research. There are shown force changes during breaking with and without fault in front wheel brakes. The results show that we can use this force changes as diagnostic information on brake system condition at least for front axle.*

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Merkisz J.: *Ekologiczne problemy silników spalinowych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999r.
2. Niziński S.: *Diagnostyka samochodów osobowych i ciężarowych*, Bellona, Warszawa 1999r.
3. Dziennik Ustaw nr 32 poz. 262 z 2003r. ze zmianami - Warunki techniczne pojazdów
4. Merkisz J., Mazurek St.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*, WKiŁ, Warszawa 2002r.
5. Ślaski G., Pikosz H.: *Badania drogowe zapotrzebowania energii w celu realizacji skrętu kół samochodu osobowego*, Czasopismo techniczne – Mechanika, 3-M/2012 Zeszyt nr 8 Rok 109, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012.

### ***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