

Jerzy KUPIEC¹

MOŻLIWOŚCI OCENY USZKODZEŃ UKŁADU HAMULCOWEGO NA PODSTAWIE WYKRESÓW SIŁY HAMOWANIA

W artykule podjęto problematykę diagnozowania układu hamulcowego na podstawie wykresów sił hamowania uzyskanych na stanowisku rolkowym. Do badań wykorzystano samochód osobowy Opel Agilla, na którym to symulowano różne usterki układu hamulcowego. Określono, które z symulowanych usterek można jednoznacznie określić na stanowisku rolkowym a których nie. Podano również ogólne zakresy wartości zmian sił hamowania powodowane poszczególnymi usterkami.

ESTIMATION OF BREAKING SYSTEM DAMAGE ON THE BASIS OF BRAKING FORCE DIAGRAM

This article presents problems of brakes fault diagnosis based on braking force diagrams made by brake roller test. During research several braking system faults were simulated on Opel Agila vehicle. There are shown which breaking faults can be recognized on brake roller test and which one can not. There are also given typical ranges of break force values caused by certain breaking system faults.

1. WSTĘP

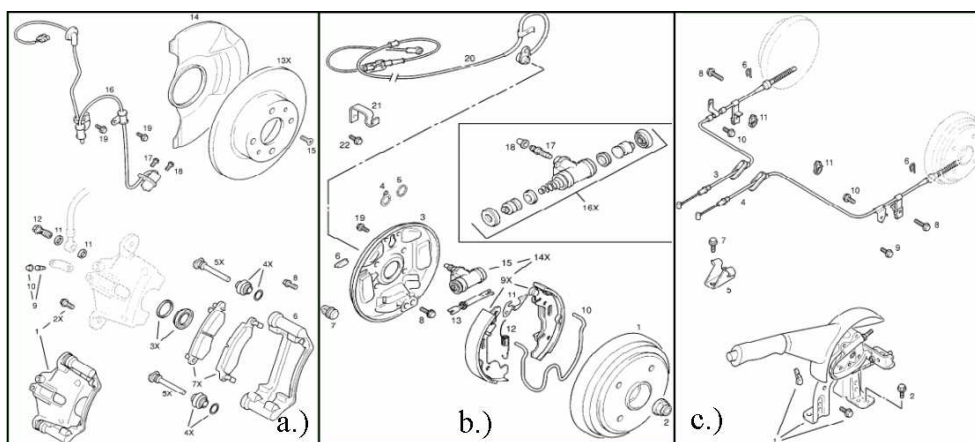
Wszystkie pojazdy będące w eksploatacji zużywają się, dotyczy to wszystkich podzespołów, z których są zbudowane. By móc dokładnie określić, który z nich odpowiada za wadliwe funkcjonowanie pojazdu należy przeprowadzić badanie diagnostyczne pojazdu. Istotną rolę zarówno dla bezpieczeństwa ruchu pojazdu jak i osób się nim poruszających ma szybkość oraz trafność diagnozy, dzięki której można wyeliminować usterkę. Szybką diagnozę uzyskać można przeprowadzając badanie w sposób nieinwazyjny. Takim badaniem jest badanie układu hamulcowego na stanowisku rolkowym metodą quasi-statyczną. Każdy samochód przechodzi takie badanie przynajmniej raz w roku na okresowym badaniu technicznym. Jest to, więc okazja do zweryfikowania poprawności funkcjonowania poszczególnych układów pojazdu. Jednym z istotniejszych układów mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym jest układ hamulcowy. W artykule podjęto próbę odpowiedzi na pytanie czy na podstawie uzyskanych podczas takiego badania

1. 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

charakterystyk przebiegów sił hamowania można poza stwierdzeniem sprawny czy niesprawny określić powód tej niesprawności.

2. OBIEKT BADAŃ

Jako obiekt badań posłużył samochód osobowy Opel Agila wyposażonym w hydrauliczny hamulec roboczy oraz mechaniczny hamulec postojowy pełniący również funkcję hamulca awaryjnego. Hamulec roboczy działa na wszystkie koła pojazdu, przeznaczony jest do zmniejszania prędkości pojazdu oraz zatrzymania go w sposób niezawodny. Pojazd posiada dwuobwodowy układ hamulcowy w układzie X (koła jednocześnie hamowane są po przekątnej) wyposażony jest również w układ przeciwblokujący ABS. Budowę najistotniejszych układów przedstawiono na rys. nr 1.



Rys.1. Budowa poszczególnych zespołów hamulca tarczowego i bębnowego samochodu Opel Agila. a – hamulec tarczowy, b – roboczy bębnowy, c – awaryjny bębnowy

3. URZĄDZENIE POMIAROWE

Do badania wykorzystano urządzenie rolkowe firmy Maha IW2 Eurosystem-PC wchodzące w skład linii diagnostycznej Laboratorium diagnostyki pojazdów samochodowych Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej. Pomiar sił hamowania odbywa się z wykorzystaniem metody quasi-statycznej. Jest ona metodą uniwersalną i nadaje się do badania różnych typów pojazdów. Pomiar sił hamowania kół odbywa się w pojeździe nieruchomym, przy prędkości obrotowej kół odpowiadającej prędkości jazdy 5 km/h. Warunki pomiarów są zbliżone do statycznych, stąd nazwa metody. Poza samym pomiarem siły hamowania na kołach mamy możliwość po zamontowaniu czujnika siły nacisku na pedał hamulca zarejestrować również siłę, z jaką kierowca naciska na układ sterowania. Urządzenie pomiarowe sprzężone jest z komputerem, na którego ekranie można obserwować zmiany wartości siły nacisku na pedał hamulca oraz wartości sił hamowania uzyskiwanych na kołach podczas badania. Wyniki są rejestrowane, co umożliwia ich

dalszą analizę. Mamy do dyspozycji wykresy zależności siły hamowania koła lewego w funkcji koła prawego, siły nacisku na układ sterujący w funkcji siły hamowania na poszczególnych kołach. Na zarejestrowane charakterystyki można nałożyć dopuszczalne wartości różnic w sile hamowania pomiędzy kołami jednej osi. Ułatwia to szybką ocenę układu hamulcowego.

4. USTERKI I ICH SYMULACJA

Podczas normalnej eksploatacji pojazdu możemy spotkać się z kilkoma rodzajami usterek pochodzących ze strony układu hamulcowego, są to:

- uszkodzenie wspomaganie układu hamulcowego spowodowane rozszczelnieniem się komory podciśnieniowej,
- wyciek płynu hamulcowego na połączenie ciernie kłoczek-tarcza czy szczęka-bęben hamulcowy w wyniku uszkodzenia powierzchni współpracy uszczelnienia cylindereków lub tłoczków rozpierających,
- zapowietrzenie układu hamulcowego w wybranej sekcji na skutek rozszczelnienia się układu (zapowietrzenie całkowite) lub zbyt małej ilości płynu hamulcowego w zbiorniczku wyrównawczym (zapowietrzenie częściowe),
- całkowite zużycie się okładzin ciernych,
- zablokowanie się samoregulatorów w układzie wykonawczym spowodowane przede wszystkim korozją elementów współpracujących,
- zablokowanie się dźwigni szczęki hamulca awaryjnego spowodowane korozją,

Poszczególne usterki zasymulowano w następujący sposób:

Wspomaganie układu hamulcowego – odłączono przewód zasilający wraz z zaworem zwrotnym od siłownika układu wspomaganie.

Wyciek płynu hamulcowego – posmarowano za pomocą pędzla powierzchnie współpracujące, czyli szczęki i klocki hamulcowe płynem hamulcowym.

Zapowietrzenie całkowite układu – spuszczonego płynu hamulcowego z jednej sekcji.

Zapowietrzenie częściowe układu – zalano płynem hamulcowym pustą komorę zbiorniczka wyrównawczego i kilkakrotnie nadsuszono pedał hamulca tak, aby płyn dostał się do pompy hamulcowej.

Całkowite zużycie się okładzin ciernych – zamontowano na badane koło szczęki lub klocki bez okładzin, tarcze i bębny pozostawiono oryginalne.

Zablokowanie się samoregulatorów – usunięto tylko system automatycznej regulacji luzu pozostawiając tylko sam rozpieracz.

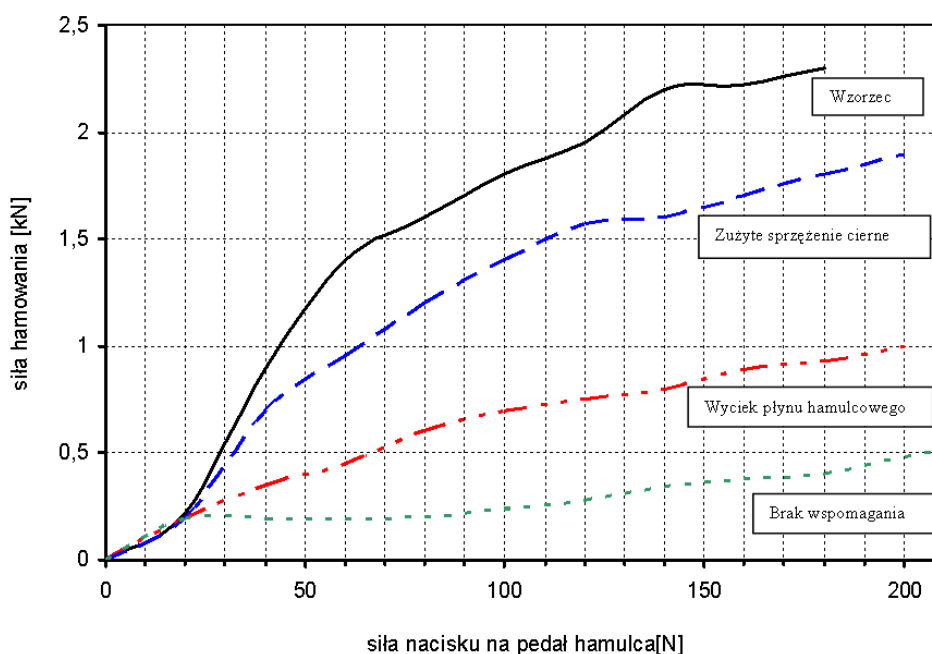
Zablokowanie dźwigni hamulca awaryjnego – zespawano dźwignię z szczęką hamulca bębnowego.

Każda z wymienionych usterek wpływa na wielkość siły hamowania, którą jesteśmy w stanie zmierzyć. Badając jej zmiany w funkcji siły nacisku na układ sterujący możemy spróbować określić, która z wymienionych usterek występuje.

Tak, więc do analizy zachowania się układu wykorzystano wykresy zależności zmiany siły hamowania badanego koła w funkcji siły nacisku na układ sterujący.

5. WYNIKI BADAŃ

Badania przeprowadzone zostały przy pomocy urządzenia omówionego w rozdziale 3. Siłę hamowania na kołach badano przy pojeździe obciążonym tylko kierowcą z założonym czujnikiem do pomiaru siły nacisku na układ sterowania. Pomiary dla hamulca roboczego wykonywano przy jednocześnie obracających się rolkach koła lewego i prawego natomiast do badania układu hamulca awaryjnego każde z kół badano osobno. Za wyniki końcowe uznawano takie, które kończyły się zablokowaniem kół lub osiągnięciem siły nacisku na pedał 500[N] dźwignię hamulca awaryjnego 400[N] [1]. Rejestracja wyników odbywała się automatycznie za pośrednictwem jednostki sterującej. Przebiegi charakterystyczne zestawiono na dwóch wykresach. Są to usterki spotykane w mechanizmach hamulca roboczego tarczowego rysunek nr 2 i roboczego bębnowego rysunek nr 3.



Rys. 2. Charakterystyki zmiany siły hamowania w funkcji siły nacisku na układ uruchamiający dla hamulca tarczowego.

Symulowane usterki wg rysunku nr 2 zestawiono w tabeli nr 1 wg następujących oznaczeń:

1. Pomiar wzorcowy
2. Wyciek płynu hamulcowego na sprzężenie cierne koło prawe
3. Zużyte sprzężenie cierne - 2 klocki hamulcowe bez okładzin
4. Uszkodzenie układu wspomagania.

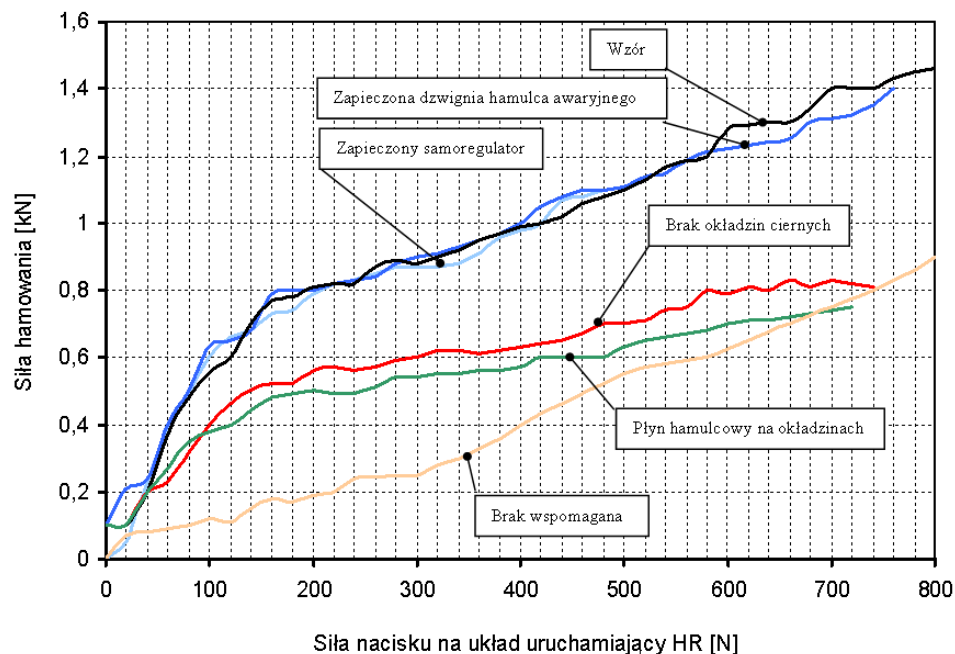
Tabl. Zestawienie wartości maksymalnych uzyskanych podczas pomiarów

Usterka	1	2	3	4
Siła maksymalna [kN]	2,30	1,00	1,97	1,4 (500N)
Różnica procentowa [%]	100	56	14	39

Analizując otrzymane wyniki pomiarów hamulca tarczowego dla czterech przebiegów siły hamowania (rys. nr 2) można zauważyć, że każda z usterek układu będzie powodowała spadek siły hamowania. Do porównywania przebiegów potrzebny jest wykres wzorcowy i przy założeniu, że awarii uległo jedno koło czy jeden obwód układu hamulcowego za przebieg wzorcowy należy przyjąć przebieg siły hamowania koła drugiego osi badanej. W prezentowanym przypadku pomiarów dokonano tylko dla jednego koła, na którym symulowano usterki. Zużycie sprzężenia ciernego, czyli utrata okładziny cierniej klocka hamulcowego powoduje zmianę współczynnika tarcia pomiędzy tarczą a klockiem. Spadek siły hamowania będzie proporcjonalny do zmiany współczynnika tarcia pomiędzy współpracującymi powierzchniami. Współczynnik tarcia dla połączenia ciernego okładzina-tarcza wynosi przeciętnie 0,35 a dla połączenia ciernego tarcza-klocek stalowy 0,2 [2] więc różnica ta wynosi 28%. W przypadku badanego połączenia dla maksymalnej wartości siły wynosi 14[%] (tabela nr 1) jednak analizując cały przebieg siły hamowania i uśredniając różnice ostatecznie wartość ta wynosi 23%. Tak, więc spadek wartości siły hamowania w okolicach 23÷28% będzie świadczył o utracie okładzin ciernych w badanym węźle. Kolejny większy spadek wartości siły hamowania o 57% spowodowany pojawieniem się płynu hamulcowego w węźle tarcia jest spowodowany również zmianą współczynnika tarcia. Zmiana ta wynosi dla współczynnika tarcia z 0,35 na 0,15 co daje spadek o 57%. Tak, więc również w tym przypadku zaobserwowany spadek wartości siły hamowania o około 57% wskazuje jednoznacznie na pojawienie się płynu hamulcowego na okładzinach ciernych.

Ostatni przypadek uszkodzenia układu wspomaganie objawia się na wykresie znaczącym, spadkiem wartości siły hamowania. Spadek ten określono dla maksymalnego dopuszczalnego nacisku na pedał hamulca (500[N]) i wynosi on 39%. Jednak badając cały przebieg i uśredniając wartości pomiarowych poszczególnych punktach pomiarowych spadek ten jest jeszcze większy, bo wynosi on aż 85%. Tak, więc spadek wartości siły hamowania dla hamulca tarczowego w granicach 85% wskazuje na uszkodzenie układu wspomaganie siły hamowania.

Podjęto również próby blokowania ruchu zacisku hamulca w taki sposób, aby docisk klocka do tarczy wstępował tylko z jednej strony jednak wyniki takiego testu nie wykazywały różnic w sile hamowania w stosunku do wartości wzorcowych.



Rys. 3. Charakterystyki zmiany siły hamowania w funkcji siły nacisku na układ uruchamiający dla hamulca roboczego bębnowego.

Ze względu na to, że w trakcie badań nie uzyskano zablokowania kół w tabeli nr 2 zestawiono maksymalne siły, jakie udało się uzyskać oraz ich wartości przy sile nacisku na pedał hamulca 500[N]. Dla tych wartości określono różnicę procentową pomiędzy siłą wzorcową a uzyskaną.

Symulowane usterki wg rysunku nr 3 zestawiono w tabeli nr 2 wg następujących oznaczeń:

1. Zapieczenie się samoregulatora
2. Symulacja zapieczenie się dźwigni szczeki hamulca pomocniczego
3. Zużyte sprzężenie cierne (szczęka hamulcowa bez okładzin)
4. Pomiar wzorcowy
5. Płyn hamulcowy na sprzężeniu ciernym
6. Uszkodzenie układu wspomagania

Tab.2. Zestawienie wartości maksymalnych uzyskanych podczas pomiarów HR

Usterka	1	2	3	4	5	6
Siła maksymalna [kN]	1,11	1,4	0,83	1,46	0,75	0,9
Siła maksymalna [kN] przy 500 [N]	1,11	1,11	0,7	1,11	0,63	0,55
Różnica procentowa [%] dla 500 [N]	100	100	37	100	43	50

Badając hamulec bębnowy otrzymano podobne zależności jak w przypadku hamulca tarczowego. Spadek wartości siły hamowania o 37% wskazuje na koniec okładzin ciernych. Natomiast spadek o 43% wskazuje na pojawienie się płynu hamulcowego na okładzinach. Największym spadkiem wartości siły hamowania charakteryzuje się utrata siły wspomagającej w układzie. Spadek ten wynosi dla siły nacisku 500[N] 50% natomiast po analizie całego przebiegu i uśrednieniu wartości różnica ta wynosi 70%. Pozostałe dwie usterki, czyli zapieczony samoregulator oraz zapieczenie się dźwigni hamulca awaryjnego nie dają się jednoznacznie ustalić, ponieważ ich przebiegi nie wykazują różnicowania w wartościach siły hamowania w stosunku do wartości odniesienia.

6. WNIOSKI

Na podstawie uzyskany podczas badań wyników można stwierdzić, że niektóre z uszkodzeń układu hamulcowego można wykryć analizując wykresy siły hamowania w funkcji siły nacisku na pedał hamulca.

Dla badanego pojazdu kształtowały się one w następujący sposób:

- Spadek wartości siły hamowania o 23÷28% (ham. tarczowy) i 37% (ham. bębnowy) będzie świadczył o utracie okładzin ciernych w badanym węźle,
- Spadek wartości siły hamowania o około 57% (ham. tarczowy) i 43% (ham. bębnowy) wskazuje jednoznacznie na pojawienie się płynu hamulcowego na okładzinach ciernych,
- Spadek wartości siły hamowania dla hamulca tarczowego w granicach 85% i 70% dla hamulca bębnowego, wskazuje na uszkodzenie układu wspomaganie siły hamowania.
- Dla hamulca bębnowego nie ma możliwości zidentyfikowania uszkodzenia układu polegającego na zablokowaniu samoregulatora oraz zapieczenie się dźwigni szczeki hamulca pomocniczego.

Różnica w wynikach pomiędzy hamulcem tarczowym a bębnowym może wynikać z różnic w zastosowanym materiale, na poszczególne elementy.

Wykorzystując do analizy uszkodzeń wykresy zmiany siły hamowania w funkcji czasu można by powiększyć liczbę wykrywanych usterek chociażby o usterkę polegającą na zablokowaniu samoregulatora, która to daje pewne opóźnienie w pojawianiu się siły hamowania.

Dla szerszego zastosowania uzyskanych wyników niezbędnym było by wykonanie badań dla większej grupy pojazdów oraz różnych rozwiązań układów hamulcowych.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] Dz.U.nr 155 poz. 1232 z 2009r.

[2] Osiński Z.: Sprzęgła i hamulce, PWN, Warszawa 1985r.