

ZMODERNIZOWANY PROTOTYP URZĄDZENIA KONTROLI POŚLIZGU KÓŁ NAPĘDOWYCH ASR DLA POJAZDÓW Z PNEUMATYCZNYM UKŁADEM HAMULCOWYM

ADAM WOŚ¹

Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska

Streszczenie

W pracy przedstawiono konstrukcję urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych ASR poprzez wykorzystanie budowy, funkcji i działania pneumatycznego układu hamulcowego, a także wykorzystanie regulacji zawieszenia pneumatycznego. Istotą prezentowanego rozwiązania jest zastosowanie siłownika tłokowo - sprężynowego jako elementu wykonawczego w urządzeniu kontroli poślizgu. Modernizacja prototypu polega na zastosowaniu sterowania za pomocą elektropneumatycznego zaworu pełniącego rolę modulatora ASR. Powyższe założenia mogą zostać zrealizowane w odniesieniu do samochodów ciężarowych, autobusów lub innych pojazdów, w których występuje pneumatyczny układ hamulcowy. Prototyp urządzenia został poddany weryfikacji za pomocą symulacji komputerowej.

Słowa kluczowe: pneumatyczny układ hamulcowy, urządzenie kontroli poślizgu kół napędowych ASR, pneumatyczne zawieszenie pojazdu.

1. Wstęp

W dotychczas występujących rozwiązaniach urządzeń kontroli poślizgu ASR moment hamujący uzyskiwany jest poprzez uruchamianie części membranowej siłownika membranowo-sprężynowego układu hamulcowego tylnych kół napędowych [5],[10]. Wadą tego rozwiązania jest niezbyt wysoka szybkość działania, co obniża skuteczność i zwiększa czas regulacji. Próba poprawy sytuacji jest nowa konstrukcja urządzenia ASR, która została przedstawiona na IX Międzynarodowej Konferencji Hamulcowej w Łodzi w 2009 r. [8].

¹ Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska, Instytut Mechatroniki, ul. Tymona Terleckiego 4, 37-700 Przemyśl,
e-mail: adamwos@wp.pl

Proponowana zmiana konstrukcji urządzenia ASR polegała na wykorzystaniu części sprężynowo-tłokowej siłownika membranowo-sprężynowego układu hamulcowego tylnych kół napędowych do wywierania momentu hamującego podczas pracy urządzenia ASR. To rozwiązanie jest rozwiązaniem oryginalnym nie stosowanym ani nie opisywanym nigdzie w literaturze poświęconej układom hamulcowym wyposażonym w ASR. Dodatkowo urządzenie mogło współdziałać z regulacją silnikową redukującą moment napędowy pojazdu oraz pracować w systemie nakładkowym.

Urządzenie to zostało wykonane w postaci prototypu zainstalowane na samochodzie JELCZ 317 W i poddane próbom drogowym.

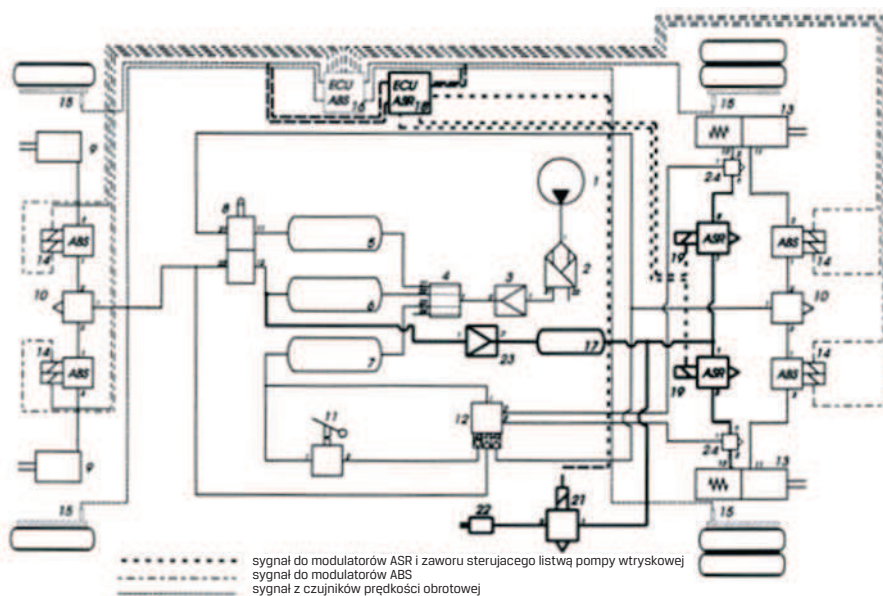
Głównym celem zmodernizowanej konstrukcji prototypu urządzenia ASR przedstawionej w tym artykule jest zwiększenie szybkości działania urządzenia ASR (przedstawionego w 2009 r.), jako podstawowego parametru wpływającego na skuteczność tego urządzenia [2], [5].

2. Koncepcja zmodernizowanego prototypu urządzenia kontroli poślizgu ASR

Ciągły rozwój konstrukcji elementów samochodowych układów pneumatycznych, które są już wyposażone w sterowanie elektryczne [11, [12] pozwolił na modernizację konstrukcji przedstawionego w 2009 roku urządzenia ASR. Rysunek 1 przedstawia to nowe rozwiązanie omawianego urządzenia. W urządzeniu tym został zastąpiony zespół modulatora ASR i zaworu sterująco-przełącznikowego jednym zaworem sterująco-przełącznikowym 25 sterowanym elektrycznie pełniącym funkcję modulatora ASR. Zastosowane rozwiązanie redukuje jeden element w torze sterowania, likwiduje niepotrzebną zamianę sygnału sterującego elektrycznego na pneumatyczny. Zabieg ten skraca czas zwłoki, a tym samym zwiększa szybkość zadziałania urządzenia. Szybkość działania urządzenia ASR jest podstawowym parametrem określającym, jakość i skuteczność działania urządzenia ASR [2],[5]. Wg [2] głównym problemem wprowadzania urządzeń ASR do pojazdów ciężarowych jest niedostateczna szybkość działania urządzenia i dlatego nadal powszechnie stosuje się tradycyjną metodę polepszania zdolności trakcyjnych pojazdów ciężarowych poprzez blokadę mechanizmu różnicowego.

Rzeczywisty rozwój konstrukcji i technologii zawieszonych pojazdów samochodowych wprowadził do powszechnego użytku w samochodach ciężarowych zawieszenie pneumatyczne. Dlatego dodatkowo proponuje się aktywne współdziałanie zawieszenia pneumatycznego podczas pracy urządzenia ASR. Rozwój elementów sterujących zawieszeniem pneumatycznym, które również wyposażone są w sterowanie elektryczne pozwala w ramach systemu ECAS na współpracę z regulacją kontroli poślizgu kół napędowych samochodu [11],[12]. Współpraca zawieszenia oraz urządzenia ASR w tym rozwiązaniu polega na gwałtownym wzroście ciśnienia (sterowanym ECU ASR) w miechach zawieszenia podczas regulacji ASR.

Jednym z podstawowych założeń prezentowanej konstrukcji jest możliwość wykorzystania występujących w sprzedaży potrzebnych elementów do budowy prototypu urządzenia



Rys. 1. Schemat pneumatycznego układu hamulcowego zawierający zmodernizowaną konstrukcję urządzenia ABS.

Tabela 1. zawiera elementy występujące na rysunku 1.

Poz.	Ilość	Nazwa
1	1	Sprężarka
2	1	Osuszacz powietrza z regulatorem
3	1	Reduktor ciśnienia 0.8 MPa
4	1	Zawór zabezpieczający czteroobwodowy
5	1	Zbiornik 40 dm ³ obwód główny oś tylna
6	1	Zbiornik 40 dm ³ obwód główny oś przednia
7	1	Zbiornik 20 dm ³ obwód hamulca pomocniczego
8	1	Główny zawór hamulcowy
9	2	Cylinder tłokowy
10	2	Zawór przyspieszający odhamowanie
11	1	Zawór hamulcowy ręczny
12	1	Zawór przełącznikowy
13	2	Siłownik membranowo-sprężynowy
14	4	Modulator ABS
15	4	Czujnik prędkości obrotowej koła
16	1	ECU (elektroniczna jednostka sterująca) ABS
17	1	Zbiornik 20 dm ³ dla układu sterowania silnikiem
18	1	ECU (elektroniczna jednostka sterująca) ASR
20	2	Zawór dwudrożny
21	1	Zawór sterujący siłownikiem listwy zębatej silnika
22	1	Siłownik ustawiający listwę pompy wtryskowej
23	1	Reduktor ciśnienia 0-0.6 MPa
25	2	Modulator ASR (zawór sterująco-przełącznikowy sterowany elektrycznie
26	2	Zawór sterująco-przełącznikowy sterowany elektrycznie zawieszenia pneumatycznego
27	2	Elementy zawieszenia pneumatycznego

bez konieczności konstruowania nowych. Wiodące firmy w tej dziedzinie Wabco i Knorr-Bremse posiadają w swoich katalogach potrzebne elementy. Proponowane elementy przedstawione są w dalszej części niniejszej pracy.

Rysunek 1 przedstawia schemat zawierający opisaną powyżej zmienioną konstrukcję urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych ASR.

3. Opis działania zmodernizowanej konstrukcji urządzenia ASR

W skład zmodernizowanej konstrukcji urządzenia ASR (patrz rysunek 1) wchodzi następujące podstawowe elementy:

- ECU ASR (18),
- modulator ASR (25),
- zawór sterująco-przełącznikowy sterujący zawieszeniem (26),
- siłownik hamulcowy membranowo-sprężynowy (13),
- elementy zawieszenia pneumatycznego (27).

W przedstawionej w 2009 roku konstrukcji działanie urządzenia ASR polegało na uruchamianiu części sprężynowej siłownika hamulcowego kół tylnych (pełniącej w normalnych warunkach bez ingerencji urządzenia ASR rolę hamulca postojowego lub awaryjnego) za pomocą złożonego sterowania elektropneumatycznego [8].

W obecnej zmodernizowanej konstrukcji (patrz rys 1) został zastąpiony zespół modulatora ASR oraz zaworu sterująco-przełącznikowego sterowanego pneumatycznie nowym zaworem sterująco-przełącznikowym 25 sterowanym elektrycznie. Podczas regulacji ASR uruchamianie części sprężynowej siłownika następuje w następujący sposób: w oparciu o logikę algorytmu sterowania, sygnał elektryczny wypracowany przez elektroniczny zespół sterującego ECU ASR 18 podawany jest na zacisk sterujący zaworu sterująco-przełącznikowego 25 pełniącego rolę modulatora ASR. Wysterowany zawór sterująco-przełącznikowy 25 powoduje odpowietrzenie części tłokowo-sprężynowej siłownika hamulcowego 13. Siła rozprężanej sprężyny skutkuje pojawieniem się siły na tłoczysku, co w konsekwencji powoduje wystąpienie momentu hamującego na odpowiednim kole napędowym, a to z kolei zmniejsza poślizg koła napędowego i zwiększa własności trakcyjne kół napędowych, gdyż w tym przypadku decydujący jest wpływ wsp. przyczepności koła na powierzchni śliskiej (współczynnik przyczepności spada wraz ze wzrostem poślizgu). Dlatego tak ważna jest szybkość działania układu, gdyż obniżając prędkość obrotową i czas ślizgającego się koła (zmniejsza się „polerowanie” nawierzchni), czyli nie obniża się dodatkowo wsp. przyczepności. Jeżeli zaniknie sygnał sterujący zaworem sterująco-przełącznikowym 25, wówczas poprzez ten zawór nastąpi napowietrzenie komory sprężynowo-tłokowej siłownika 13 - sprężyna zostanie ściśnięta i koło zostanie odhamowane.

Zaletą tego rozwiązania (w porównaniu z rozwiązaniem z 2009 r.) jest to, że redukuje się jeden element w torze sterowania i jednocześnie zostaje wyeliminowane niekorzystne zjawisko zamiany sygnału sterującego elektrycznego na sygnał sterujący pneumatyczny. Rozwiązanie to skróciło czas zwłoki zadziałania układu o ok.40%, [11], [12], co z kolei

zwiększyło szybkość działania układu. Ponadto w tym prototypie proponuje się aktywną współpracę zawieszenia pneumatycznego pojazdu podczas regulacji ASR. Współpraca ta polega na tym, że w trakcie regulacji impulsy sterujące podawane są zarówno na modulator ASR jak również na zawór sterujący pracą zawieszenia pneumatycznego. Gwałtowny wzrost ciśnienia w resorze pneumatycznym powoduje (zgodnie z zasadą d'Alemberta) dociążenie kół napędowych, co z kolei podnosi własności trakcyjne pojazdu.

Resory pneumatyczne oraz zawory sterujące tymi resorami posiadają nieliniową charakterystykę i z tego powodu trudno jest określić wartość dociążenia osi napędowej. Można tą wartość łatwo wyznaczyć na stanowisku wagowym. Podczas pomiarów okazało się, że na skutek aktywnego współdziałania zawieszenia pneumatycznego można uzyskać do ok. 20% wzrostu nacisku na oś napędową.

Firma Wabco wykorzystuje zawieszenie pneumatyczne do zwiększenia własności trakcyjnych samochodu ciężarowego przy ruszaniu z miejsca przez okresowe podniesienie ruchomej osi. Powoduje to zwiększenie nacisku na osi napędową, co z kolei zwiększa siłę przyczepności między kołem napędowym a nawierzchnią jezdni.

Przedstawione powyżej parametry:

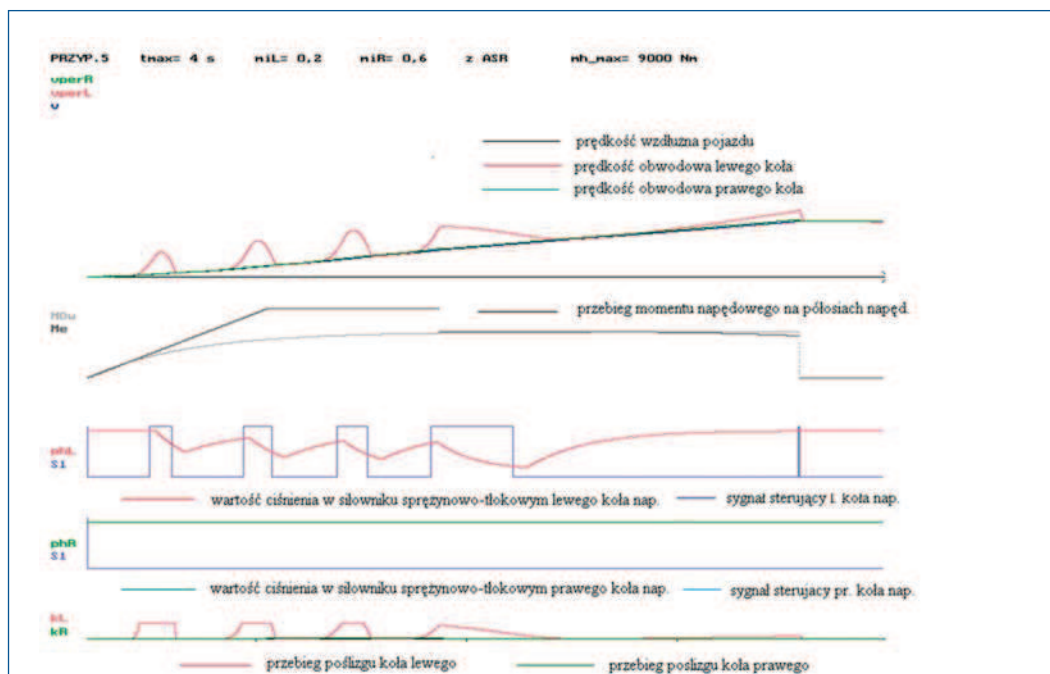
- skrócenie o ok. 40% czasu zwłoki zadziałania układu (na podstawie danych zawartych w [11],[12]),
- zwiększenie obciążenia kół napędowych do ok.20%,

zostały wprowadzone do programu symulacyjnego, pozostałe parametry wpływające na przebieg procesu pozostały bez zmian w porównaniu z rozwiązaniem [8]. Wyniki symulacji przedstawione zostały na rys 3. Na rys. 2 został przedstawiony przebieg symulacji rozwiązania z 2009 r.

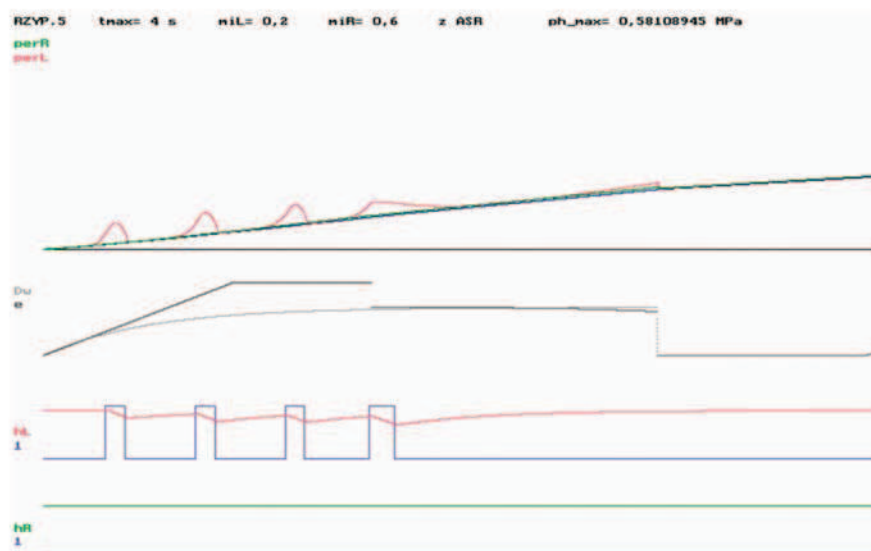
Porównując oba wykresy widać różnice polegające na :

- skróceniu czasu regulacji,
- zmniejszeniu sumarycznego poślizgu koła współpracującego z nawierzchnią o niskim współczynniku przyczepności,
- zmniejszeniu spadku ciśnienia podczas regulacji w części sprężynowej siłownika.

Należy zwrócić uwagę na to, że, mimo, że badania symulacyjne nie są zbyt dokładne ze względu na uproszczenia, które zawiera program to jednak widać poprawę, jakości sterowania na korzyść proponowanej modernizacji. Za pomocą tych badań można jedynie ogólnie zbadać poprawność działania konstrukcji oraz szacunkowo określić parametry. Bardziej dokładne wyniki można uzyskać podczas rzeczywistych warunków występujących w trakcie badań drogowych z wykorzystaniem pojazdu wyposażonego prototyp urządzenia oraz w odpowiednią aparaturę pomiarową. Po wykonaniu prototypu opisanego urządzenia wyniki badań drogowych zostaną przedstawione i porównane z badaniami symulacyjnymi w następnym artykule.



Rys. 2. Symulacja ruszania z miejsca pojazdu na biegu II na nawierzchni typu μ -split o współczynniku przyczepności $\mu_x = 0,2/0,6$ z urządzeniem ASR konstrukcji z 2009 r.



Rys. 3. Symulacja ruszania z miejsca pojazdu na biegu II na nawierzchni typu μ -split o współczynniku przyczepności $\mu_x = 0,2/0,6$ z urządzeniem ASR dla parametrów przedstawionych w założeniach dla opisanej w artykule zmodernizowanej konstrukcji ASR.

4. Elementy wchodzące w skład zmodernizowanej konstrukcji urządzenia ASR

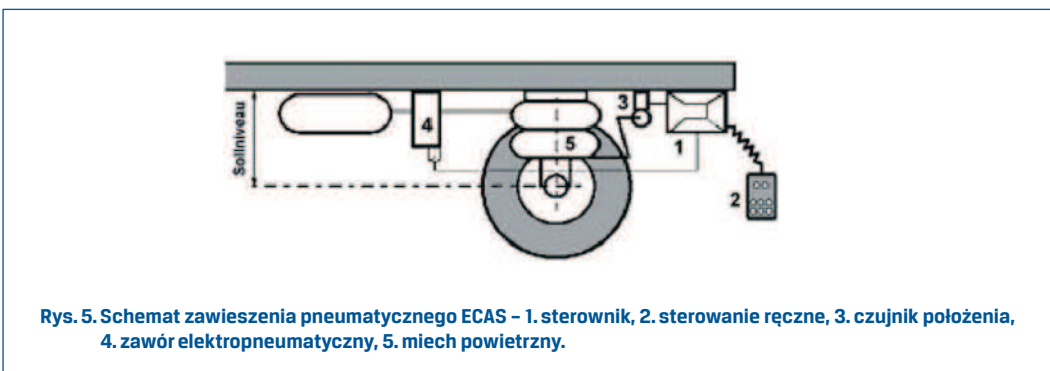
Elementy wykorzystywane w opisanej konstrukcji są typowymi elementami katalogowymi sterowanymi elektrycznie [11], [12], których własności i parametry odpowiadają założeniom. Na bazie tych elementów zostanie wykonany prototyp urządzenia ASR, który zamontowany w pojeździe badawczym będzie poddany próbom drogowym. W pkt.4.1. przedstawiony jest właśnie taki element.

4.1 Zawór mogący pełnić rolę modulatora ASR sterowanego elektrycznie

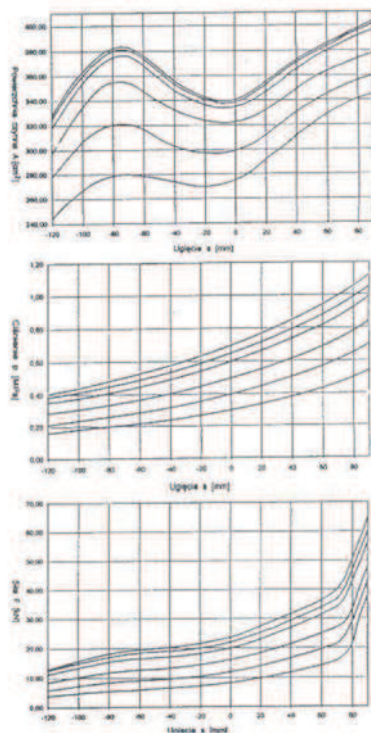


4.2 Pneumatyczne zawieszenie pojazdu

Zawieszenie pneumatyczne sterowane elektrycznie może być pomocne w bardziej efektywnym wykorzystaniu urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych ASR (patrz pkt.3)



Miechy powietrzne zawieszenia mają nieliniowe charakterystyki statyczne, co komplikuje dokładne obliczanie wpływu wzrostu ciśnienia na dociążenie kół napędowych.



Rys. 6. Charakterystyki statyczne miechów powietrznych.

5. Uwagi końcowe

Prace nad zmienioną konstrukcją urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych ASR pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wyniki badań symulacyjnych wykazały poprawność działania opracowanej konstrukcji urządzenia poprzez widoczną poprawę przebiegu procesu regulacji.
2. Przebieg symulacji potwierdził założenia, że zastosowanie elementów elektropneumatycznych zmniejszyło sumaryczny poślizg oraz prędkość obwodową koła napędowego współpracującego z jezdnią o niskim wsp. przyczepności, skróciło czas regulacji oraz obniżyło skoki ciśnienia w części sprężynowo-tłokowej, a to z kolei obniżyło straty energetyczne podczas regulacji,

3. Możliwe jest zastosowanie aktywnego współdziałania zawieszenia pneumatycznego z działaniem urządzenia ASR. Jednak jak wskazują badania symulacyjne wpływ ten nie jest zbyt duży
4. Należy dążyć do zbudowania prototypu urządzenia pracującego na rzeczywistych elementach,
5. Końcowym etapem badań powinny być próby drogowe na pojeździe z wbudowanym prototypem opracowanego urządzenia.

Literatura

- [1] BURCKHARDT M.: *Fahrwerktechnik: Bremsdynamik und Pkw-Bremsanlagen*, Vogel Buchverlag Wuerzburg 1991.
- [2] BURCKHARDT M.: *Fahrwerktechnik: Radschlupf-Regelsysteme* Vogel Buchverlag Wuerzburg 1993.
- [3] GOŁASZEWSKI A., SURMIŃSKI K., SZCZEPANIAK C., SZOSLAND A.: *ASR, jako kontynuacja rozwoju ABS dla pojazdów z pneumatycznym układem uruchamiania hamulców*, Konferencja Hamulcowa 2001 Łódź 2001.
- [4] SZCZEPANIAK C.: *Podstawy modelowania systemu: człowiek - pojazd - otoczenie*, PWN Warszawa 1999.
- [5] SZCZEPANIAK C.: *Urządzenia przeciwblokujące. Studium teorii i konstrukcji*, Zeszyty Naukowe nr 76, Instytut Transportu Samochodowego Warszawa 1992.
- [6] SZCZEPANIAK C., SZOSLAND A., SURMIŃSKI K.: *Prace nad rozwojem urządzeń ABS i ASR prowadzone w Instytucie Pojazdów Politechniki Łódzkiej*, Archiwum Motoryzacji 1 - 2/2001.
- [7] SZOSLAND A., DYCHTO R.: *Wpływ parametrów dynamiki pojazdu na działanie układu ESP*, Konferencja Hamulcowa, Łódź 2004.
- [8] SZOSLAND A., WOŚ A.: *Prototyp urządzenia dla pojazdu z pneumatycznym układem hamulcowym*, Konferencja Hamulcowa, Łódź 2009.
- [9] WICHER J.: *Zagadnienia bezpieczeństwa samochodu*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.
- [10] WRZESIŃSKI T.: *Hamowanie pojazdów samochodowych*, WKiŁ W-wa 1978.
- [11] KNORR - BREMSE - materiały firmowe 2011.
- [12] WABCO Inform 2011 - materiały firmowe.