

Układ, elektro-pneumatyczno-hydrauliczny, hamulce, sterowanie, przewodowo, zestaw, drogowy, pickup, samochód, naczepa, gęsia szyja, przyczepa, badania, laboratoryjne, drogowo, homologacyjne

Adam P. DUBOWSKI¹
Janusz GRZELAK²
Tadeusz PAWŁOWSKI²
Aleksander RAKOWICZ²
Sylwester WEYMANN²
Krzysztof ZEMBROWSKI²

NOWY ELEKTRO-PNEUMATYCZNO-HYDRAULICZNY UKŁAD HAMULCOWY DLA LEKKICH I ŚREDNICH ZESTAWÓW DROGOWYCH

PIMR podjął decyzję przerwania badań systemu Sens A Brake i przystąpił do opracowania nowego układu hamulcowego z powodu bankructwa firmy Edge International (Nowa Zelandia). Nowy model sterowanego przewodowo układu hamulcowego został zbudowany i przebadany laboratoryjnie oraz w próbach drogowych, a jego wersje zamontowano w samochodach: Jeep Grand Cherokee, Mitsubishi L200 i przyczepie. Nowy elektro-pneumatyczno-hydrauliczny układ hamulcowy stanowi zwartą konstrukcję – łatwą do montażu w samochodach osobowych, pickupach oraz przyczepach (O2 i O3). Sygnał elektryczny z przetwornika ciśnienia na pompie hamulcowej samochodu steruje zaworem proporcjonalnym, modulatorem EBS, pneumatyczno-hydraulicznym serwem oraz hydraulicznymi hamulcami. System jest gotowy do homologacji w przyczepach O2/O3.

NEW ELECTRIC-PNEUMATIC-HYDRAULIC BRAKE SYSTEM FOR LIGHT AND MEDIUM SIZE ROAD UNITS

PIMR made decision to stop R&D works on Sens A Brake system and start R&D works on own brake system - because business partner Edge International Ltd., from New Zealand went into bancruptcy process in the beginning of 2009. New model of electric brake system was build and tested in laboratory and road tests. Its modified versions were mounted in Jeep Grand Cherokee, Mitsubishi L200 and trailer. New electric-pneumatic-hydraulic brake system is compact construction - easy to mount in cars, trucks and gooseneck trailers and trailers (O2 and O3). Electric signal from pressure transmitter (in car/truck) is steering by wire electric-pneumatic proportional valve and through modulator EBS, pneumatic-hydraulic converter is steering hydraulic brakes of trailer. System is ready for gooseneck trailers and trailers category O2/O3 homologation approval.

^{1/2} Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych PIMR-BE, 60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31

¹ PIMR-BE Zespół ds. Energetyki i Dynamiki Maszyn Rolniczych, Tel: + 48 618712230, Fax: 48 618793262

¹E-mail: dubowski@pimr.poznan.pl

1. WSTĘP

Od szeregu lat PIMR z firmą Edge International Ltd prowadził prace związane z przystosowaniem układu Sens A Brake (SAB) do europejskich przepisów homologacyjnych. Układ SAB przewidywano wdrożyć m.in. w nowym systemie transportowym [1], jednak w lutym 2009 roku firma EI poinformowała, że jej sytuacja finansowa, z przyczyn załamania sprzedaży na rynku w Australii i Nowej Zelandii, powoduje konieczność albo sprzedaży udziałów, albo sprzedania technologii i linii produkcyjnej układu SAB.

W tej trudnej do przewidzenia sytuacji PIMR stracił partnera i zarazem dostawcę układu hamulcowego i należało szybko znaleźć nowego producenta układu [2, 3] lub opracować nowy układ hamulcowy. Wybrano budowę własnego sterowanego przewodowo (Brake By Wire) układu hamulcowego, przy czym z góry założono, że jego konstrukcja powinna zawierać elementy i podzespoły dostępne na rynku europejskim, co powinno obniżyć koszty produkcji, napraw i obsługi. W ten sposób, po uzyskaniu homologacji, będzie można w krótkim czasie przygotować i uruchomić produkcję seryjną nowych hybrydowych układów hamulcowych PIMR.

2. OPRACOWANIE KONCEPCJI GŁÓWNY NAGŁÓWEK

Prace związane z opracowaniem koncepcji, budową i badaniami laboratoryjnymi nowego układu hamulcowego wykonano w ramach badań statutowych PIMR. Doświadczenie uzyskane w trakcie kilkuletnich badań układu SAB jak i analizy innych stosowanych w pojazdach rozwiązań pozwoliły ustalić generalną koncepcję i podstawowe wymagania techniczne. Przyjęto, że nowy układ hamulcowy powinien spełniać następujące warunki:

1. Sposób sterowania układem i jego działanie powinno umożliwić agregowanie z pojazdami, które nie posiadają dodatkowych źródeł energii, przeznaczonych dla zasilania układu hamowania naczepy/przyczepy;
2. Układ sterowany elektrycznie – napięciowy lub prądowy sygnał sterujący,
3. Posiadać własne źródło zasilania energią elektryczną – akumulatory montowane w naczepie/przyczepie,
4. Przekształtnik pneumatyczno-hydrauliczny układu powinien sterować hamulcami w naczepie/przyczepie,
5. Powinien być energooszczędny w porównaniu do znanych układów lub podzespołów hamulcowych,
6. Montaż elementów układu w pojeździe holującym powinien być możliwie prosty i mało pracochłonny, przy czym zamontowane części nie mogą wpływać na pracę, bezpieczeństwo jak również obsługę serwisową;
7. Układ powinien być zgodny z obowiązującymi w Europie przepisami homologacyjnymi.

3. BUDOWA MODELU FUNKCJONALNEGO UKŁADU

3.1 Przegląd podzespołów i części dostępnych na rynku

Sprawdzono możliwości wykorzystania dostępnych na rynku Europejskim elementów i podzespołów do budowy nowej wersji układu hamulcowego PIMR, oceniono je pod względem nowoczesności stosowanych rozwiązań oraz dostępności na rynku europejskim. Sprawdzano też - czy wytypowane elementy i podzespoły znajdują się w bieżącej produkcji, co powinno zapewnić długoletni dostęp do części oraz łatwego serwisu. Sprawdzono także możliwości serwisowania i wykonywania napraw poza siedzibą producenta (PIMR) w sieci serwisów zajmujących się naprawami pojazdów w kraju i w Europie. Przeprowadzono rozmowy z warsztatami i serwisami dotyczące zaufania potencjalnych użytkowników do producentów wybranych elementów i podzespołów oraz sprawdzono ceny zakupu elementów i podzespołów - w celu wyceny szacunkowej kosztów produkcji układu hamowania.

3.2 Wybór elementów i podzespołów oraz ich producentów

Do budowy laboratoryjnego modelu układu hamulcowego wybrano:

- przetworniki ciśnienia, KELLER;
- zawory sterujące proporcjonalne, PARKER;
- elementy układu pneumatyki, WABCO;
- moduł sterowania EBS, WABCO;
- złącza - MB PNEUMATYKA, TUBES.

Wszystkie te elementy i podzespoły są w ciągłej produkcji, dostępne w sieci handlowej na terenie Europy. Terminy dostaw części zamiennych od producenta nie przekraczają 7 dni od dnia złożenia zamówienia. Serwisy w kraju jak i w Europie zajmujące się naprawą i diagnostyką podzespołów mają bieżący dostęp do części zamiennych zastosowanych w budowie układu. Zaprojektowany w PIMR nowy układ hamulcowy pod względem funkcjonalnym, nowoczesności i niezawodności stanowić będzie znacznie lepsze rozwiązanie, przy czym o 20-30% tańsze - w porównaniu do cen zakupu układu SAB.

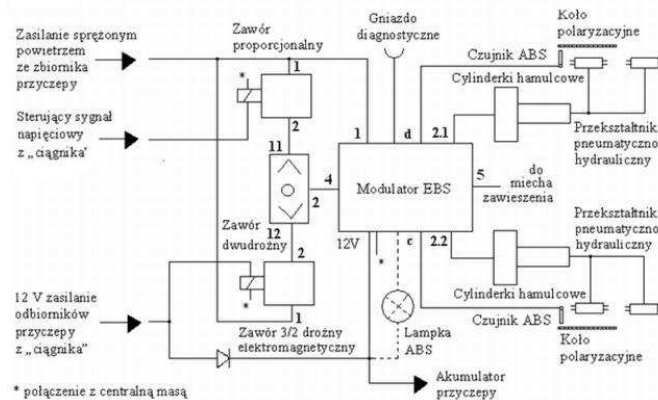
3.3 Budowa modelu doświadczalnego

Opracowany układ hamulcowy łączy w całość szereg rozwiązań technicznych, a mianowicie składa się z umieszczonego na obwodzie pompy hamulcowej samochodu – przetwornika ciśnienia (22S, Keller), którego sygnał elektryczny steruje pracą pozostałej części układu, to jest elektro-pneumatyczno-hydraulicznymi elementami i podzespołami znajdującymi się w naczepie/przyczepie [rys. 1].

Część pneumatyczną układu hamulcowego naczepy/przyczepy stanowią: zbiornik powietrza, dwie sprężarki, elektro-pneumatyczny zawór proporcjonalny, modulator EBS, zawory sterujące, dwa siłowniki powietrzne, przewody łączące.

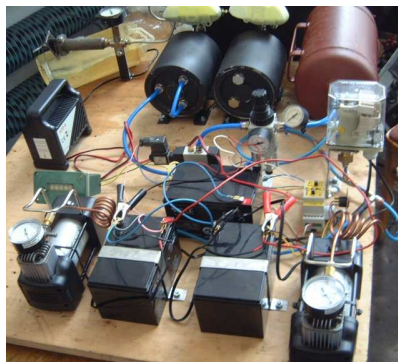
Część hydrauliczną stanowią dwie pompy hamulcowe, z których każda jest złączona (śruby lub adapter łączący) z siłownikiem powietrznym w jeden podzespół – przekształtnik pneumatyczno-hydrauliczny. Energia tłoczyska siłownika powietrznego przekazywana jest

na tłok pompy hamulcowej, która steruje pracą bębnowych lub tarczowych hydraulicznych hamulców.



Rys. 1. Schemat blokowy modelu układu hamulcowego PIMR

Elementy i podzespoły modelu doświadczalnego układu hamulcowego (rys. 2) tworzą nowe hybrydowe rozwiązanie elektro-pneumatyczno-hydraulicznego układu hamulcowego, w którym: sygnał napięciowy lub prądowy z przetworników ciśnienia steruje pracą elektropneumatycznego zaworu proporcjonalnego, ten z kolei steruje ciśnieniem powietrza na porcie 1 modulatora EBS. Modulator EBS po przetworzeniu informacji o wielkości przewożonego ładunku (port 5) – tj. zmiany ciśnienie np. w miechach zawieszenia lub zaworze pneumatycznym sterowanym mechanicznie układu zawieszenia oraz sygnałów z czujników ABS (port 21 i 22) steruje odpowiednio wielkością ciśnienia w każdym siłowniku powietrznym przełącznika pneumatyczno-hydraulicznego. Ciśnienie płynu hamulcowego (0-120 bar) steruje z kolei właściwą pracą bębnowych lub tarczowych hamulców znajdujących się po lewej lub prawej stronie naczepy/przyczepy.



Rys. 2. Model doświadczalny układu hamulcowego PIMR

Układ pneumatyczny utrzymuje ciśnienie powietrza w zbiorniku (6 litrowy) na poziomie 6-8 bar. Przy spadku ciśnienia w zbiorniku poniżej 6 bar - pneumatyczny zawór automatycznie załącza sprężarki, a po osiągnięciu w zbiorniku ciśnienia 8 bar następuje ich wyłączenie. Ciśnienie pracy 4,5 bar w siłowniku powietrznym przekształtnika pneumatyczno-hydraulicznego odpowiada ciśnieniu 120 bar w układzie hydraulicznych hamulców, co przy maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu pojazdu pozwala osiągnąć wymagane przepisami opóźnienie naczepy/przyczepy. Czas reakcji układu od naciśnięcia pedału hamulca (siła 5N), przy ciśnieniu powietrza 5,4 bar w siłowniku przekształtnika do uzyskania ciśnienia hydraulicznego 129,7 bar w cylinderkach hamulcowych- wynosił 0,42s. Tak krótki czas reakcji układu wynika głównie z niewielkiej wzajemnej odległości poszczególnych elementów i podzespołów pneumatycznych.

Wstępne laboratoryjne badania funkcjonalne i trwałościowe potwierdziły prawidłową pracę układu hamulcowego i pozwoliły podjąć decyzję zabudowy układu hamulcowego w badanych zestawach pojazdów.

3.4 Prace związane z montażem układu w pojazdach badawczych

Układ został zamontowany w samochodach: Mitsubishi L200 [4] i Jeep Grand Cherokee - udostępnionym przez firmę BESTEM ze Zbąszynia oraz w przyczepie o konstrukcyjnej DMC 3,6t, wyposażonej w dwie osie (tandem) z zawieszeniem pneumatycznym i mechanizmami hamulcowymi (250x40) z firmy KNOTT Polska [5]. Widok zamontowanych elementów w samochodzie Jeep Grand Cherokee przedstawiono na rysunku 3 i 4, a sposób zabudowy elementów układu hamulcowego w przyczepie na rysunkach 5 i 6.



Rys. 3. Przetwornik ciśnienia hydraulicznego zamontowany na obwodzie pompy hamulcowej samochodu Jeep Grand Cherokee

We wtyczce, koloru zielonego, piezopornościowego przetwornika ciśnienia - zamontowane są elementy zabezpieczające podzespoły elektroniczne przed wpływem pól elektromagnetycznych.



Rys. 4. Panel kontrolny z diodami LED sygnalizującymi pracę układu hamulcowego PIMR, zamontowany na desce rozdzielczej samochodu Jeep Grand Cherokee



Rys. 5. Model doświadczalny (11-2009) układu hamulcowego PIMR zamontowany w przyczepie, na pierwszym planie - zbiornik sprężonego powietrza



Rys. 6. Pokrywa układu hamulcowego PIMR, z tyłu widoczne gniazda kontrolne, wymagane przepisami homologacyjnymi

3.5 Badania drogowe układu hamulcowego PIMR

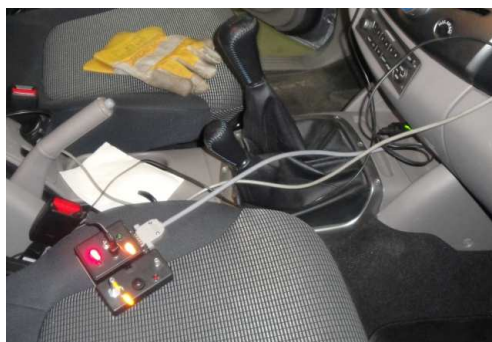
Prowadzone w ramach projektu badawczo rozwojowego badania drogowe układu hamulcowego PIMR wykazały prawidłową pracę układu w całym zakresie obciążenia ładunkiem przyczepy badawczej - w bardzo zróżnicowanych warunkach pogodowych (jezdnie suche, mokre, oblodzone, pokryte warstwą śniegu lub błotem pośniegowym) i w różnych temperaturach (+10- do -20°C).

Do drogowych badań skuteczności działania hamulców w przyczepie korzystano z urządzenia firmy Racelogic [6]– RL VB2 LITE [rys. 7], które - z racji łatwości obsługi i niezawodności pracy w różnych warunkach pogodowych - używa firma IDIADA Poland [8] m.in. do homologacyjnych badań pojazdów samochodowych.



Rys. 7. Urządzenie Racelogic do badań skuteczności układu hamulcowego przyczepy

Opracowane w PIMR urządzenia (źródło napięciowe lub prądowe) umożliwiły niezależne od układu hamulcowego samochodu sterowanie pracą układu hamulcowego zamontowanego na przyczepie badawczej. Widok urządzenia gotowego do pracy przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Urządzenie do niezależnego od układu hamulcowego samochodu sterowania układem hamulcowym PIMR zamontowanym w przyczepie

4. WNIOSKI

1. Badania laboratoryjne jak i próby drogowe prowadzone w różnych warunkach drogowych i pogodowych potwierdziły prawidłowość opracowanej przez PIMR koncepcji nowego układu hamulcowego.
2. W porównaniu do układu Sens A Brake – nowy układ hamulcowy PIMR posiada znacznie lepszą charakterystykę pracy, a zastosowany modulator EBS precyzyjnie koryguje ciśnienia robocze w każdym przekształtniku pneumatyczno-hydraulicznym i mechanizmach hamulcowych po lewej lub prawej stronie pojazdu holowanego.
3. Zastosowanie w układzie elementów i podzespołów znanych producentów pozwoliło uniknąć błędów wynikających z opracowania całkowicie własnej konstrukcji, jak to było w przypadku układu Sens A Brake.
4. Zastosowanie podzespołów, które posiadają odpowiednie certyfikaty pozwoli na istotne skrócenie czasu potrzebnego do przeprowadzenia badań związanych z uzyskaniem świadectwa homologacji.
5. Po wprowadzeniu niewielkich zmian w wyposażeniu, głównie w elektrycznej części układu tj. w elektronice kontrolno-sterującej samochodu - naczepy typu gęsia szyja i przyczepy kategorii O2 i O3 wyposażone w nowy układ hamulcowy PIMR powinny bez większych problemów uzyskać europejskie świadectwo homologacyjne.
6. Uzyskanie świadectw homologacyjnych dla nowego układu hamulcowego pozwoli na efektywne wdrożenie nowego systemu transportowego, zwłaszcza w pojazdach rolniczych i leśnych.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Projekt Badawczy Rozwojowy NR 10-0006-04/2008: *System transportowy oparty na zastosowaniu nowych sposobów sprzęgania zestawów drogowych oraz innowacyjnym układzie sterowania hydraulicznych hamulców w holowanych pojazdach, 2008-2010.*
- [2] WABCO - http://www.wabco-auto.com/nc/pl/start_wabco
- [3] BOOPARK B.V. - <http://www.boopark.nl/>
- [4] Dubowski A. P. , Bręczewski J., Grzelak J., Rakowicz A., Pawłowski T., Weymann S., Zembrowski K.: *Mitsubishi L200 - samochód badawczy PIMR i jego przystosowanie do sprzęgania naczep typu gęsia szyja, z nowym rodzajem sprzęgu kulowego oraz elektronicznym układem sterującym pracą hydraulicznych hamulców.* Politechnika Radomska, Prace Naukowe "Transport" Nr 1/27/2009.
- [5] KNOTT Polska - <http://www.knott.pl/>
- [6] Racelogic - http://www.racelogic.co.uk/?show=VBOX-Products-Product_Overview
- [7] IDIADA Poland - <http://www.idiada.pl/>