

## **Elektroniczny układ hamulcowy dla naczep i przyczep o DMC 2-10 t**

Adam P. Dubowski, Sylwester Weymann, Tadeusz Pawłowski  
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu

Jednym z obszarów badań, w jakim Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych prowadzi swe prace, jest zagadnienie poprawy jakości i bezpieczeństwa środków transportu dla sektora rolniczego i leśnego w Polsce. Specyfiką transportu rolniczego jest używanie do przewozu towarów głównie ciągników rolniczych, które zazwyczaj holują jedną do dwóch przyczep. W Polsce w gospodarstwach indywidualnych wozi się ciągnikami rolniczymi od 89 do 99% wszystkich ładunków [1]. Tak duży udział ciągników rolniczych w przewozach towarów i płodów rolnych stwarza szereg zagrożeń dla płynności i bezpieczeństwa samochodowego ruchu drogowego. Stan techniczny przyczep rolniczych w Polsce, zwłaszcza wyposażanie ich w przestarzały i niebezpieczny, jednoprzewodowy pneumatyczny układ hamulcowy ma również znaczny wpływ na bezpieczeństwo poruszania się zestawów rolniczych. W sektorze leśnym transport drewna, sadzonek itp. odbywa się przy użyciu zarówno ciężkich samochodowych zestawów kołowych jak i przy użyciu ciągników leśnych sprzęgniętych z przyczepami o DMC. 2-13 t. Ciągniki leśne zwyczajowo nie posiadają sprawnego hamulca postojowego, natomiast specyfiką leśnych przyczep, które służą m.in. do wywózki drewna jest powszechnie akceptowany brak w nich układu hamulcowego [2]. Wbrew oficjalnym deklaracjom właścicieli takich zestawów pojazdów - poruszają się one nie tylko po duktach i drogach leśnych, ale także często korzystają z sieci dróg krajowych, a więc przyczepy te powinny posiadać sprawnie działające hamulce.

### **1. Budowa układu hamulcowego (wersje 2004-2005)**

W odróżnieniu od wersji układu przeznaczonej dla rynku nowozelandzkiego i australijskiego jego europejskie wykonanie cechuje się znacznym stopniem skomplikowania i wynika z konieczności wyposażenia układu w obligatoryjnie wymagany moduł korektora siły hamowania oraz dodatkowo moduł układu ABS dla naczep i przyczep o DMC powyżej 3,5t.

Wersje elektronicznego układu sterowania pracą hydraulicznych hamulców Sens a Brake (2004-2005) tworzył zestaw czterech urządzeń. Trzy z nich, to jest: czujnik siły, myszka oraz sterownik I (EVO), były montowane w pojeździe

holującym, natomiast czwarty element, który znajdował się w naczepie lub przyczepie, stanowił pneumatyczno-hydrauliczny serwomechanizm i był wyposażony w elektroniczne układy: sterownik II (mocowany pod korpusem głównego 2.5l zbiornika powietrznego) oraz sterownik III, który umieszczony w pokrywie korpusu serwomechanizmu przetwarzał sygnały przekazywane z czujników korektora siły hamowania i z czujników modułu ABS. Mocowanie elementów układu hamulcowego, zwłaszcza jego sterownika EVO, stwarza w niektórych ciągnikach rolniczych jak i w samochodach problemy związane z brakiem wolnej przestrzeni pod deską rozdzielczą. PIMR opracował koncepcję urządzeń, które umożliwiają odpowiednio pewne mocowanie sterownika do nachylonych ścian deski rozdzielczej czy też pod podłogą kabiny kierowcy ciągnika rolniczego [3, 4]. Zbudowane i zamontowane w pojazdach modele robocze tych urządzeń potwierdziły ich funkcjonalne zalety i niezawodność mocowań w kabinie samochodu lub też jak w przypadku ciągnika rolniczego krajowej produkcji na zewnątrz kabiny.

## **2. Prace badawczo-rozwojowe układu hamulcowego (2004-2006)**

Prace badawczo-rozwojowe początkowo planowane na kilka miesięcy wydłużyły się już prawie do 4 lat. Było szereg przyczyn, które wpłynęły na tak znaczne wydłużenie badań.

Jedną z nich była niewielka oferta producentów osi z hydraulicznymi hamulcami i znacznie mniejsza skuteczność działania bębnowych hamulców od deklarowanych i potwierdzonych certyfikatami TÜV [5, 6]. Kolejną, były zmiany konstrukcyjne związane z koniecznością zwiększenia czułości układu w zakresie niewielkich sił na pedale hamulca oraz zbyt małą precyzję sterowania ciśnieniem hydraulicznym bębnowych hamulców.

Zasadnicze jednak opóźnienie w badaniach spowodowała konieczność zmodyfikowania podzespołów elektronicznych, a zwłaszcza sposobu ich montażu w pojeździe holowanym. Wstępne badania kompatybilności elektromagnetycznej układu, jakie przeprowadzono (09/2006) w Laboratorium MIRA, Wielka Brytania [7, 8] wykazały, że praca układu hamulcowego może być zakłócana przez inne urządzenia stosowane obecnie w pojazdach samochodowych. W wyniku koniecznych zmian praktycznie wszystkie podzespoły elektroniczne znajdujące się w pojeździe holowanym zostały scalone w jeden moduł montażowy, który odpowiednio zabezpieczono przed zakłóceniami pól elektromagnetycznych i który umieszczono w korpusie wsporczym sprężarki powietrza. Utworzony w ten sposób zespół otrzymał nazwę modułu sprężarkowego.

W październiku zbudowano nową wersję układu hamulcowego, która w listopadzie 2006 roku uzyskała pozytywne wyniki badań w Laboratorium MIRA. W maju 2007 roku układ hamulcowy uzyskał oficjalne certyfikaty:

e11\*72/245\*2006/28\*4226\*00 oraz E11-10R-024226) i może być montowany we wszystkich pojazdach samochodowych w Europie.

### 3. Europejskie kompletacje układu hamulcowego dla pojazdów (2007)

Dla europejskiego rynku firma EI Ltd.[9] przewiduje dwie wersje układu: jedną przeznaczoną dla naczep i przyczep o DMC do 3,5t oraz drugą dla pojazdów o DMC do 10t, przy czym jedyną różnicą w ich wyposażeniu będzie brak modułu ABS w wersji dla mniejszych pojazdów.

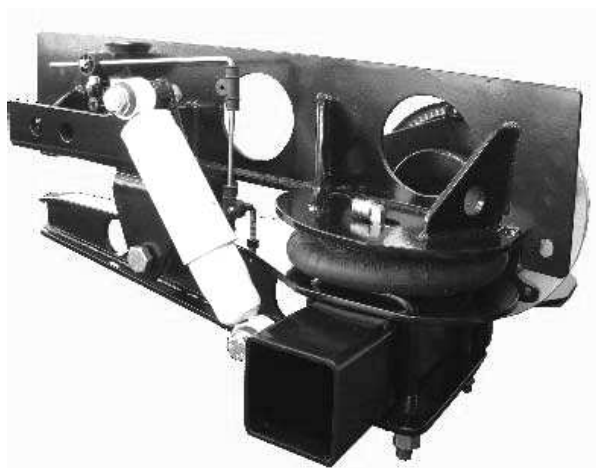
W pojeździe holującym ilość montowanych elementów układu pozostała bez zmian (sterownik EVO, piezoelektryczny czujnik siły oraz myszka), jedyną istotną modyfikacją jest wprowadzenie dodatkowych elementów zabezpieczających przed wpływem zewnętrznych pól elektromagnetycznych.

Dla naczep/przyczep obu kategorii wykonano całkowicie nową kompletację układu hamulcowego. W serwomechanizmie pozostały tylko dwa elektryczne zawory powietrzne, pozostałe wyposażenie elektroniczne przeniesiono do modułu sprężarkowego, który bezpośrednio połączono z dodatkowym zbiornikiem powietrza (2 l) i dalej poprzez zawór redukcyjny z zasadniczym zbiornikiem powietrza w serwomechanizmie. W korpusie wsporczym modułu sprężarkowego [rys. 1] zamontowano gniazda przyłączeniowe dla czujników korektora siły hamowania (mechaniczny lub powietrzny), konektory dla czterech czujników modułu ABS oraz gniazdo dla modułu kalibracyjnego, do którego poprzez gniazdo szeregowo (RS232C) można podłączyć przenośny komputer i za pomocą firmowego oprogramowania serwisowego (ABS.EXE) zdiagnozować pracę układu hamulcowego czy też zarejestrować dane z przejazdów drogowych w formie pliku CSV. Pliki te można dalej analizować np. przy użyciu programu MS Excel.



Rys. 1. Moduł sprężarkowy układu hamulcowego.

Moduł sprężarkowy może być także wykorzystany do zasilania miechów powietrznych układu zawieszenia. W Nowej Zelandii i w Australii osie przyczep i nacze są standardowo wyposażone w tarczowe hamulce i zawieszane na wahaczach podpartych miechami powietrznymi [rys. 2]. W takim przypadku sygnały elektryczne z czujnika ciśnienia podłączonego do przewodu miecha powietrznego przesyłane są do modułu korektora siły hamowania. Układ hamulcowy w sposób automatyczny rozpoznaje rodzaj czujnika korektora siły hamowania. Kalibracji modułu korektora siły hamowania dokonuje się w punkcie serwisowym producenta nacze i przyczep.



Rys. 2. Elementy układu zawieszenia wykonanego w EI Ltd. z Nowej Zelandii

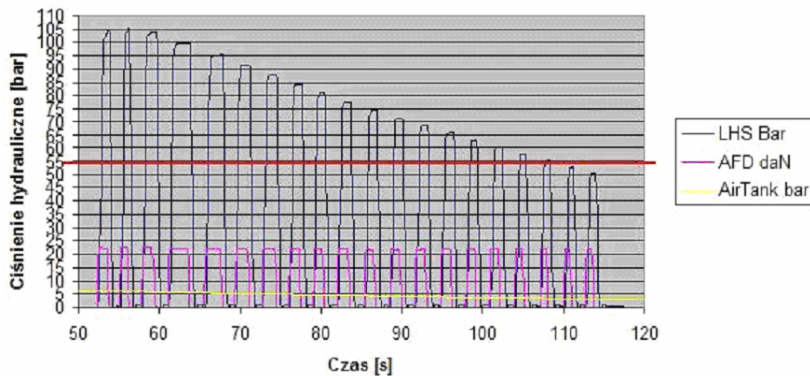
#### **4. Poprawa funkcjonalności i precyzji działania układu hamulcowego**

W 2006 roku w układzie hamulcowym wprowadzono istotne zmiany funkcjonalne i konstrukcyjne. Podstawowym udoskonaleniem było rozszerzenie funkcji dodatkowego zbiornika powietrza [rys. 3] i wykorzystanie go nie tylko dla zwiększenia objętości powietrza - zasadniczego zbiornika umieszczonego w serwomechanizmie, ale przekształcenie dodatkowego zbiornika powietrza w akumulator. Ciśnienie robocze w zasadniczym zbiorniku wynosi 6,2 bar - co zapewnia uzyskanie 105 bar maksymalnego ciśnienia roboczemu w układzie hydraulicznym, natomiast ciśnienie w dodatkowym zbiorniku powietrza ustalone jest na poziomie 7,2 bar. Pomiędzy obydwoimi zbiornikami umieszczono zawór redukcyjny ciśnienia. Tak niewielka na pozór zmiana konstrukcyjna pozwoliła usunąć dotychczasową niedogodność układu, tj. niestabilność ciśnienia hydraulicznego w hamulcach nacze/przyczepy uzyskiwanego przy tych samych wartościach siły na pedale hamulca.



Rys. 3. Elementy układu hamulcowego zamontowane w badawczej naczepie GN2000. Pod tymczasową osłoną znajduje się moduł sprężarkowy, a pod serwomechanizmem - dodatkowy zbiornik powietrza. Widoczne manometry wskazują ciśnienie robocze w zasadniczym zbiorniku powietrza oraz w układzie hydraulicznym hamulców.

Również wyniki testu 9-krotnego hamowania wskazują na istotną poprawę precyzji sterowania zmodyfikowanego w 2006 roku układu hamulcowego [rys. 4].



Rys. 4. Przy niepracującej sprężarce powietrza, dopiero po 18-krotnym uruchomieniu hamulców ciśnienie powietrza w zasadniczym zbiorniku powietrza osiąga połowę wartości swego maksymalnego ciśnienia.

## 5. Badania drogowe zestawu pojazdów (2006/2007)

W grudniu 2006 r. oraz w kwietniu 2007 r. na lotnisku w Kąkolewie k. Grodziska Wlkp. prowadzone wspólnie z Laboratorium Hamulców PIMOT [10] pilotowe próby hamulcowe zestawu pojazdu złożonego z samochodu Lublin i naczepy GN2000 (DMC 3,9 t).

W badaniach tych zastosowano zaprojektowany i wykonany w PIMR przyrząd (AFD-Artificial Foot Device/sztuczna stopa), który umożliwia oddzielne uruchamianie hamulców naczepy i pomiar siły, z jaką dociskany jest piezoelektryczny czujnik siły układu hamulcowego. Urządzenie AFD umożliwia równoczesny pomiar tej siły dwoma czujnikami - pomiarowym czujnikiem wchodzącym w skład aparatury homologacyjnej PIMOT oraz czujnikiem wchodzącym w skład aparatury pomiarowej PIMR [rys. 5].

Aparatura PIMR umożliwia m.in. pomiar siły na kuli zaczepu holowniczego naczepy oraz ciśnienia w układzie hydraulicznym jej hamulców, czy też ciśnienia w zbiorniku głównym serwomechanizmu.

Zebrane dane pomiarowe pozwalają stwierdzić istotną poprawę skuteczności i precyzji działania hamulców w stosunku do wersji wcześniejszych układu.



Rys. 5. AFD- urządzenie do bezpośredniego uruchamiania hamulców naczepy. Drewniany klocek dystansowy odpowiada wymiarom zewnętrznym czujnika siły Laboratorium Hamulców PIMOT.

W lutym i w marcu 2007 roku PIMR, na zlecenie Nadleśnictwa Babimost [11], przystosował samochód pożarniczy Land Rover Defender 110 do współpracy z naczepą badawczą GN2000. W tym celu do ramy samochodu zamontowano specjalnie opracowany wspornik z zaczepem kulowym o średnicy 60mm, a w kabinie samochodu zamontowano elektroniczny układ Sens a Brake [rys. 6 i 7] sterujący pracą hydraulicznych hamulców w badawczej naczepie GN2000. Przeprowadzone próby drogowe w pełni potwierdziły zalety transportowe takiego zestawu pojazdów w trudnym terenie leśnym i po drogach polnych. Przewiduje się, że w ten sposób będzie można istotnie poszerzyć zakres wykorzystania samochodów pożarniczych o możliwość transportu np. sadzonek drzewek ze szkółek namiotowych, czy też zbiorników wody (2-3m<sup>3</sup>) potrzebnych do dogaszania pożarów.

W podsumowaniu prób terenowych stwierdzono celowość opracowania specjalizowanej naczepy leśnej do transportu kaset z sadzonkami drzewek. Masa takiej naczepy nie powinna przekraczać 3,5 t, przy czym celem jest wyposażenie jej w opony przystosowane do transportu rolniczego (szerszy bieżnik i niższe ciśnienie robocze). Stąd też mając na uwadze te wnioski - postanowiono w kolejnych homologacyjnych próbach drogowych zastosować w naczepie nowe opony zalecane dla rolnictwa. Z niewielkiej oferty rynkowej wybrano opony z firmy Michelin [12] i zamontowano w naczepie badawczej GN2000 [rys. 8]. Wstępne próby terenowe wskazywały na poprawę właściwości trakcyjnych zwłaszcza przy przejazdach po nieutwardzonym podłożu.



Rys. 6. Myszka elektronicznego układu hamulcowego zamontowana w samochodzie Land Rover Defender 110. Widoczny żółty przycisk służy do kilkusekundowego niezależnego uruchamiania hamulców w pojeździe holowanym - celem stabilizacji toru jazdy zestawu pojazdów.



Rys. 7. Na pedale hamulca zamontowany piezoelektryczny czujnik siły, na wsporniku zamontowano sterownik EVO układu hamulcowego.



Rys. 8. Zestaw badawczy z oponami rolniczymi

Kontynuowane w kwietniu 2007 roku badania drogowe zostały w drugim dniu przerwane z uwagi na prawie całkowite zużycie bieżników w oponach 275/65R16 XP27 (indeks prędkości 90 km/godz), które firma Michelin rekomenduje dla rolnictwa. W trakcie 1,5 dniowych prób drogowych stwierdzono, że opony te nie uzyskują wymaganego przepisami homologacyjnymi opóźnienia 0,5g.

Na zgłoszone przez PIMR zastrzeżenia, co do jakości tych opon (mała trwałość bieżnika, niewyważenie dynamiczne (rzędu 190 do 200g), przedstawiciele firmy pisemnie poinformowali PIMR, że „reklamowane opony: wad materiałowych,

produkcyjnych ani technologicznych nie posiadają; na pojazdach posiadających homologację spełniają wszelkie normy dotyczące hamowania; są sprzedawane na rynku europejskim od wielu lat i nie było zastrzeżeń dotyczących trwałości mieszanki gumowej bieżnika”.

Po raz kolejny PIMR musiał przerwać badania układu hamulcowego tym razem z powodu opon, które zdaniem firmy Michelin Polska S.A. posiadają europejskie homologacje, ale wyniki testów drogowych prowadzonych wspólnie z Laboratorium Hamulców PIMOT wskazują jednoznacznie, że takiej homologacji opony te nie powinny uzyskać. Rekomendacja firmy Michelin, takiej jakości opon dla rolnictwa, jest tu kolejnym nieporozumieniem i chyba próbą przerzucenia na rolników kosztów eksploatacji nadmiernie szybko zużywających się opon w warunkach normalnego transportu drogowego.

W październiku 2007 roku planuje się kontynuację badań układu hamulcowego z wcześniej badanymi w PIMR oponami 215/75 R17,5 z firmy FULDA, a więc z tymi oponami dla których badano i certyfikowano w TÜV [6] mechanizmy hamulcowe firmy Knott.

## **6. Podsumowanie badań układu hamulcowego w zestawie pojazdów**

1. Opracowany w Nowej Zelandii i badany w PIMR elektroniczny układ hamulcowy w wersji z końca 2006 roku cechuje się lepszą od dotychczasowych wersji czułością i precyzją sterowania hydraulicznymi hamulcami bębnowymi naczepy.
2. Wprowadzone modernizacje, zwłaszcza umieszczenie jego podzespołów elektronicznych w module sprężarkowym pozwoliło uzyskać dla układu hamulcowego europejskie certyfikaty i tym samym możliwość jego montowania we wszystkich pojazdach samochodowych w Europie. Układ hamulcowy pracuje bez zastrzeżeń i nie zakłóca pracy urządzeń elektrycznych zamontowanych w innych pojazdach samochodowych.
3. Wydaje się celowym, by LH PIMOT przy wynikach badań drogowych odbiegających od danych opisanych w certyfikatach oficjalnie poinformował o tym instytucje, które badały i wystawiły takie dokumenty. Być może takie działanie pozwoli z jednej strony udoskonalić metodyki badawcze, z drugiej zaś strony wdrożyć odpowiednie procedury kontrolne u producentów i spowodować, by dostarczane na rynek europejski wyroby były zgodne z danymi zawartymi w wydanych dla nich certyfikatach.

## 7. Literatura

- [1] J. Bielejec: Obsługa transportowa gospodarki żywnościowej. IBMER Warszawa, 1991
- [2] Przyczepy leśne-przegląd. Drwał nr 1/2006, str. 22-25
- [3] A. Dubowski: Adapter kotwiący sterownika, zwłaszcza pojazdów holujących naczepę lub przyczepę wyposażoną w elektryczny układ hamulcowy. Zgłoszenie patentowe PIMR nr P 350747.
- [4] Patent nr P 367555: Urządzenie mocujące w ciągniku, zwłaszcza rolniczym lub leśnym, elektroniczny sterownik układu hamulcowego przyczepy.
- [5] TÜV Nr.:361-0131-95 (Hamulce 250-40)
- [6] TÜV Nr.:361-0032-95 (Hamulce 300-60)
- [7] MIRA - <http://www.mira.co.uk>
- [8] Dyrektywa Komisji 2004/104/WE z dnia 14 października 2004 r.
- [9] Edge International Ltd – <http://www.sensabrake.com>
- [10] Przemysłowy Instytut Motoryzacji – <http://www.pimot.org.pl>
- [11] Nadleśnictwo Babimost – <http://www.zielonagora.lasy.gov.pl>
- [12] Michelin Polska S.A. - <http://www.michelin.pl/pl/home/home.jsp>

### **Elektroniczny układ hamulcowy dla naczep i przyczep o DMC 2-10 t.**

#### **S t r e s z c z e n i e:**

Elektroniczny układ sterujący pracą hydraulicznych hamulców naczep i przyczep o DMC 2-10 t promowany jest przez PIMR jako technologiczna opcja układu hamulcowego, zwłaszcza dla zestawów pojazdów samochodowych w rolnictwie i leśnictwie. Wdrożenie układu powinno w krótkim czasie przyczynić się do poprawy stanu bezpieczeństwa transportu rolniczego jak również do generalnej poprawy transportu po drogach krajowych. Układ hamulcowy, który został opracowany przez firmę Edge International z Nowej Zelandii jest obecnie badany w PIMR pod kątem spełnienia wymagań europejskich przepisów homologacyjnych W 2006 roku układ ten został gruntownie zmodernizowany, czego efektem było nie tylko uzyskanie certyfikatu elektromagnetycznej kompatybilności, ale także istotne poprawienie jakości i precyzji pracy układu. W referacie przedstawiono krótki opis budowy najnowszej europejskiej wersji układu hamulcowego oraz podsumowanie badań laboratoryjnych i drogowych zestawów pojazdów badawczych, jakie przeprowadzono w 2006 i 2007 roku w PIMR. Badania drogowe skuteczności hamulców prowadzone są we współpracy z Laboratorium Hamulców Przemysłowego Instytutu Motoryzacji.