



Stanisław KOZIOŁ, Andrzej ZBROWSKI

SYSTEM POMIAROWY DO BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI JEZDNYCH SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono budowę oraz zasadę działania modułowego systemu pomiarowego przeznaczonego do badania właściwości jezdnych samochodów ciężarowych dedykowanego głównie do testowania pojazdów pożarniczych charakteryzujących się wysoko położonym środkiem masy. Modułowy system składa się z konfigurowalnego zestawu czujników do pomiaru parametrów ruchu pojazdu, elektronicznego układu pomiarowo-sterującego i oprogramowania komputerowego. Uzyskiwane wyniki pomiarów charakteryzujące zachowanie samochodu w ruchu podczas odpowiednio dobranych standardowych testów jezdnych pozwalają na ocenę jego kierowności i stateczności w ruchu oraz bezpieczeństwa i przydatności do zastosowań specjalnych.

WSTĘP

Układ funkcjonalny jaki tworzą kierowca, pojazd i otoczenie można nazwać specyficznym układem regulacji, w którym samochód jest obiektem regulowanym, kierowca jest regulatorem, zaś otoczenie jest źródłem sygnałów prowadzących i zakłócających. Ze statystyk dotyczących analiz przyczyn wypadków drogowych wynika, że najbardziej zawodnym elementem tego układu jest człowiek. Jest jednak oczywiste, że w niektórych przypadkach nieprawidłowe zachowania kierowców prowadzące do krytycznych sytuacji drogowych, wynikają z niedostosowania własności jezdnych pojazdu do umiejętności i zdolności psychofizycznych przeciętnego kierowcy. Dlatego też są prowadzone badania dynamiczne pojazdów pozwalające na ocenę ich właściwości jezdnych. Pozwalają one również na zbadanie wpływu rozłożenia masy, parametrów geometrycznych oraz zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych zespołów samochodu na jego własności jezdne [1,11]. Badania tego rodzaju są prowadzone w wielu ośrodkach samochodowych na świecie i dały podstawy do utworzenia, przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji – ISO, standardów normalizujących większość technik badawczych własności jezdnych pojazdów.

Samochody ciężarowe, pomimo osiągniętych mniejszych prędkości jazdy w porównaniu z samochodami osobowymi, muszą być szczególnie wnikliwie sprawdzane pod względem właściwości jezdnych z następujących powodów [3, 9, 12, 14]:

- położenie środka masy w samochodzie ciężarowym nie jest stałe i zależy od kształtu i rozłożenia ładunku, niektóre samochody ciężarowe lub zbudowane na ich podwoziach samochody specjalne charakteryzują się wysoko położonym środkiem masy, co jest niekorzystne z punktu widzenia właściwości jezdnych,

- obciążenie i wynikające z niego właściwości zawieszenia nadwozia i ogumionych kół jezdnych są również uzależnione od sposobu rozłożenia ładunku na pojeździe,
- duże wymiary gabarytowe samochodu, a szczególnie duża powierzchnia boczna powoduje znaczną wrażliwość stabilności toru jazdy na wpływ bocznego wiatru,
- duża masa całkowita pojazdu powoduje w sytuacjach krytycznych znaczne zagrożenie w ruchu ze względu na posiadaną dużą energię kinetyczną.

Badania właściwości jezdnych samochodów ciężarowych wymagają specjalnego systemu pomiarowego pozwalającego na wykorzystanie zwiększonej liczby czujników pomiarowych między innymi ze względu na większą liczbę kół jezdnych lub wieloczołową budowę oraz na zwiększone odległości pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi.

Szczególną grupę samochodów konstruowanych na bazie samochodów ciężarowych, stanowią pojazdy wykorzystywane przez straż pożarną. Są to samochody ratowniczo-gaśnicze, ratownictwa technicznego, drabiny automatyczne i podnośniki pożarnicze. Pomimo, że należą do grupy pojazdów specjalnych, muszą podlegać ocenie własności jezdnych potwierdzających bezpieczeństwo użytkowania w ruchu drogowym oraz podczas jazdy terenowej. Pojazdy ratownictwa wypełniają swoje zadania w czasie różnorodnych zdarzeń, sytuacji niebezpiecznych, czy klęsk żywiołowych. Powinny wykazywać zatem bardzo dobre właściwości ruchowe nie tylko na drogach dobrej jakości, ale także drogach zniszczonych lub zalanych wodą oraz bezpiecznie pokonywać niektóre przeszkody terenowe i drogowe. Do stawianych im wymagań należą: osiąganie dużych przyspieszeń oraz prędkości jazdy oraz wyższe niż przeciętne wartości prześwitu, dopuszczalnego przechyłu, zwrotności, a także mniejszy niż przeciętnie minimalny promień skrętu czy szerokość korytarza w ruchu krzywoliniowym i podczas zawracania w ograniczonej przestrzeni [13, 16, 17].

W artykule opisano mechatroniczny system badawczo-pomiarowy przeznaczony do oceny stateczności i kierowności samochodów ciężarowych, w szczególności dedykowany do badania pojazdów pożarniczych lub innych z wysoko umieszczonym środkiem masy [10]. Budowa systemu jest jednym z etapów pracy, której celem jest dobranie odpowiednich metod testowania bezpieczeństwa takich pojazdów oraz utworzenie odpowiedniej bazy badawczej w instytucji dopuszczającej je do użytkowania.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU

Główną cechą użytkową systemu badawczego jest wielokierunkowa modułowość pozwalająca na elastyczną konfigurację sprzętową i funkcjonalną aparatury, co umożliwia badanie dużej grupy różnych pojazdów, w tym wykorzystywanych w służbach ratowniczych. Modułowość obejmuje cztery grupy zagadnień:

- niezależne czujniki pomiarowe dobrane pod względem ilości i rodzaju do charakterystyki badanego obiektu i celu badań oraz generowane przez nie sygnały przesyłane do centralnego układu pomiarowo-sterującego pozwalają na odczytywanie i rejestrację przebiegów czasowych wartości parametrów charakteryzujących wymuszenia działające na pojazd oraz jego reakcje w warunkach dynamicznych,
- elastyczne oprogramowanie systemu i przebiegu cyklu pomiarowego pozwalają na dowolne konfigurowanie układu pomiarowego i sterowanie przebiegiem badania w sposób dostosowany do realizowanego testu oraz budowy badanego pojazdu,
- możliwość wielowariantowej analizy wyników testów bezpośrednio podczas ich realizacji lub na podstawie zarejestrowanych przebiegów, pozwalająca na wieloparametrową ocenę zachowania badanego pojazdu dzięki rejestracji wszystkich przebiegów przy wspólnej podstawie czasowej i możliwości analizy ich wzajemnych zależności,
- możliwość opracowywania i przedstawiania wyników badań w postaci pozwalającej na ocenę badanego obiektu zgodnie z obowiązującymi normami.

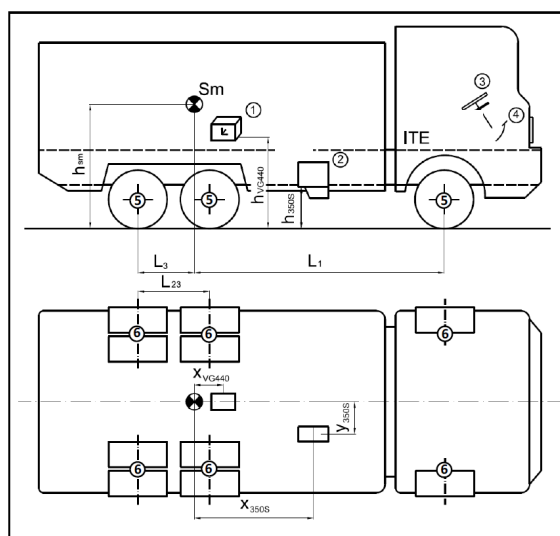
Struktura systemu badawczego umożliwia realizację wielu badań pojazdów w dynamicznych warunkach drogowych, a przede wszystkim wykonanie wybranych do oceny właściwości jezdnych samochodów pożarniczych następujących testów pomiarowych:

- ustalona jazda po okręgu zgodnie z ISO 14792 [5],
- skokowy obrót koła kierownicy w czasie jazdy na wprost zgodnie z ISO 14793 [6],
- hamowanie w czasie jazdy na łuku drogi zgodnie z ISO 14794 [7],
- podwójna zmiana pasa ruchu zgodnie z ISO 3888-1 [8].

W celu realizacji wymienionych testów, w skład systemu włączono odpowiedni zestaw czujników pomiarowych i zbudowano układ pomiarowo-sterujący obsługujący ich praktycznie dowolną konfigurację. W następnych rozdziałach artykułu omówiono strukturę oraz parametry techniczne systemu pomiarowego składającego się z czujników pomiarowych, modułów układu pomiarowo-sterującego, komputera (mikroprocesora) pomiarowego i oprogramowania.

2. KONFIGURACJA ZESTAWU APARATURY WCHODZĄCEJ W SKŁAD SYSTEMU

Przyjęta w systemie konfiguracja zestawu aparatury pomiarowej pozwala na rejestrację przebiegów czasowych wszystkich wielkości charakteryzujących zadawane wymuszenia oraz odpowiednich reakcji pojazdu. Na rysunku 1 przedstawiono rozmieszczenie czujników przeznaczonych do pomiaru wielkości charakteryzujących zachowanie pojazdu podczas testów drogowych. Rozmieszczenie czujników zilustrowano na schematycznym rysunku samochodu ciężarowego o trzech osiach. Liczba poszczególnych czujników, a w szczególności związanych z kołami jezdnymi (poz. 5 i 6) może być dowolnie zmieniana w zależności od konstrukcji pojazdu lub celu badań.



Rys. 1. Rozmieszczenie czujników na badanym samochodzie: Sm – środek masy pojazdu, 1 – czujnik żyroskopowo-inercyjny, 2 – czujnik prędkości jazdy i kąta wektora prędkości, 3 – czujnik momentu siły, położenia kąтового i prędkości obrotowej kierownicy, 4 – czujnik siły nacisku na pedał hamulca, 5 - czujniki prędkości obrotowej kół jezdnych, 6 – czujniki przemieszczeń liniowych do pomiaru ugięcia zawieszenia osi, x..., y..., h..., L... – wymiary geometryczne wg rysunku.[15]

Czujnik żyroskopowo-inercyjny umieszczony w pobliżu środka masy służy do pomiarów prędkości kątowych względem trzech osi oraz trzech składowych przyspieszeń liniowych nadwozia pojazdu w prostokątnym układzie współrzędnych związanym z pojazdem. Ze względu na dynamiczny charakter dokonywanych pomiarów oraz dużą zmienność w czasie

wartości mierzonych parametrów, czujnik musi być sztywno połączony z nadwoziem, co pozwala na precyzyjną rejestrację wszystkich przebiegów. Powinien on być umiejscowiony w taki sposób, by osie układów współrzędnych samochodu i czujnika były zorientowane równolegle. W zestawie zastosowano żyroskop pionowy MEMSIC VG440 (rys. 2) z oprogramowaniem NAV-VIEW 2.0 pozwalającym na konfigurowanie układu pomiarowego, graficzną ilustrację wyników pomiarów w postaci przebiegów czasowych oraz ich numeryczne przetwarzanie. W zbudowanym systemie funkcje oprogramowania dedykowanego NAV-VIEW 2.0 związane z rejestracją i graficzną ilustracją przebiegów przejmuje oprogramowanie centralnego układu pomiarowo-sterującego.



Rys. 2. Czujnik żyroskopowo-inercyjny MEMSIC VG440 zamocowany na elemencie konstrukcyjnym nadwozia.

Źródło: Kolekcja autora

Czujnik prędkości liniowej służy do pomiaru prędkości pojazdu względem podłoża niezależnie od stanu współpracy kół jezdnych z nawierzchnią. Mierzone są dwie składowe prędkości pojazdu: prędkość wzdłużna – wzdłuż osi podłużnej pojazdu i prędkość poprzeczna – w kierunku prostopadłym do osi wzdłużnej. Wymagane jest precyzyjne zamocowanie głowicy pomiarowej polegające na zapewnieniu równoległości osi czujnika i wzdłużnej osi symetrii pojazdu, co umożliwi dokładne wyznaczenie składowych wzdłużnej i poprzecznej prędkości jazdy. Pomiar składowych prędkości pozwala między innymi na analizę zależności kierunku jazdy od położenia koła kierownicy. Dzięki bezstykowemu, optycznemu pomiarowi prędkości samochodu jest on niezależny od chwilowych poślizgów kół jezdnych. Czujnik wymaga zachowania stałej odległości od podłoża, co przy dużych ugięciach układu zawieszenia nadwozia można osiągnąć montując sensor na elementach podwozia lub w pobliżu środka geometrycznego pojazdu. W systemie zastosowano czujnik CORREVIT S-350 wraz z oprogramowaniem producenta CeCalWinPro (rys. 3) umożliwiającą dynamiczne pomiary prędkości w zakresie od 0,5 do 250 km/h i kąta znoszenia do 40°.



Rys. 3. Czujnik prędkości liniowej CORREVIT S-350 zamocowany do nadwozia samochodu.

Źródło: Kolekcja autora

Czujnik momentu siły, położenia kąowego i prędkości obrotowej kierownicy jest zintegrowaną głowicą pomiarową montowaną na kole kierownicy pojazdu. Przebiegi parametrów mierzonych za jego pomocą stanowią zapis wymuszeń w ruchu pojazdu generowanych przez kierowcę. Prędkość obrotowa i kąt skręcenia kierownicy odzwierciedlają działania sterujące, które powinny wywoływać określone skutki w postaci odpowiedniej zmiany kierunku jazdy oraz bocznych przyspieszeń i przechyłów pojazdu rejestrowanych przez inne czujniki. Pomiary za pomocą głowicy są niezbędne do wykonania wszystkich wymienionych poprzednio standardowych testów. W systemie pomiarowym zastosowano uniwersalną głowicę pomiarową Corrsys Datron MSW obsługiwaną również przez oprogramowanie CeCalWinPro (rys. 4) wyposażoną w specjalny adapter do montażu na kierownicy samochodu. Umożliwia ona pomiar momentu siły działającego na koło kierownicy o wartości do 50 lub 250 Nm, prędkości obrotowej kierownicy do 1000 %/s i kąta obrotu w zakresie $\pm 1250^\circ$.

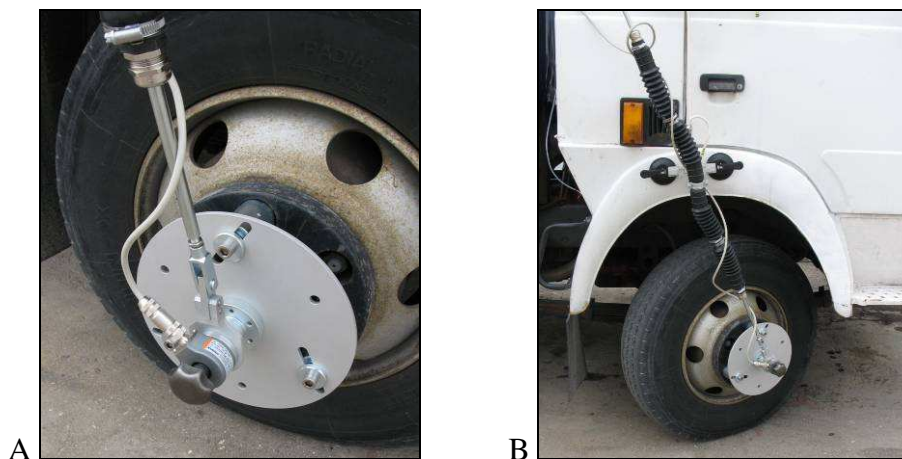


Rys. 4. Głowica Corrsys Datron MSW do pomiaru momentu siły, kąta obrotu i prędkości obrotowej kierownicy zainstalowana na kierownicy samochodu

Źródło: Kolekcja autora

Czujnik siły nacisku na pedał hamulca służy do zarejestrowania przebiegu w czasie wartości siły, z jaką kierowca działa na układ hamulcowy. Pomiary umożliwiają ocenę reakcji pojazdu na zadziaływanie układu hamulcowego przy różnych parametrach ruchu oraz zależności czasowych między działaniami kierowcy, a ich skutkiem w postaci opóźnienia ruchu wzdłużnego samochodu. Pomiary te są również niezbędne do praktycznej oceny działania układów zabezpieczających przed poślizgiem kół (ABS) i stabilizacji toru jazdy. W systemie badawczym zastosowano tensometryczny przetwornik siły o zakresie pomiarowym do 1 kN w specjalnej obudowie przystosowanej do mocowania mechanicznego na pedale hamulca.

Każde z kół jezdnych badanego pojazdu wyposażono w enkoder do bezpośredniego pomiaru prędkości obrotowej. Jest ona zależna nie tylko od prędkości jazdy ale także od przykładanych momentów hamujących i napędowych, siły docisku do podłoża, działania układów stabilizacji i wpływu poślizgów bocznych. Prędkość obrotowa poszczególnych kół stanowi ważną informację na temat sposobu i skuteczności reagowania układu jezdnego wspomaganego układami bezpieczeństwa na działania sterujące kierowcy i zakłócenia zewnętrzne. W systemie pomiarowym przewidziano zastosowanie do ośmiu enkoderów inkrementalnych generujących 1000 impulsów na obrót, odpowiednio odpornych na przyspieszenia i uderzenia oraz zabezpieczonych przed wodą. Do zainstalowania części obrotowej enkoderów na kołach przewidziano specjalne współosiowe tarcze mocowane na śrubach trzymających obręcz na piaście, a do ustalenia obudowy względem nadwozia elastyczne, teleskopowe uchwyty (rys. 5).



Rys. 5. Enkoder do pomiaru prędkości obrotowej koła jezdnego: A – enkoder zamocowany na kole za pomocą współosiowej tarczy, B – sposób ustalenia enkodera i prowadzenia przewodu sygnałowego z wykorzystaniem elastycznego wspornika

Źródło: Kolekcja autora

Zastosowane czujniki przemieszczeń liniowych mierzące ugięcia zawieszenia służą do identyfikacji kątów przechyłu nadwozia pod działaniem przyspieszeń bocznych i wzdłużnych. Przewidziano zastosowanie czujników przy zawieszeniu każdego koła jezdnego, ponieważ pochylenie całego nadwozia mierzone za pomocą czujnika żyroskopowego nie daje informacji na temat warunków współpracy poszczególnych kół z nawierzchnią i nie uwzględnia podatności konstrukcji pojazdu na odkształcenia. Zastosowanie czujników przemieszczeń liniowych przy każdym kole umożliwia uzyskanie pełnej informacji o pracy zawieszenia pojazdu w warunkach działania wymuszeń dynamicznych. W systemie pomiarowym zastosowano czujniki o skoku 400 mm. Rozwiązania konstrukcyjne zawiesznień samochodowych nie przewidują mocowania na nich dodatkowych elementów. Realizacja badań wymaga więc zastosowania indywidualnego sposobu mocowania czujników przemieszczeń do każdego z badanych pojazdów.

3. UKŁAD POMIAROWO - STERUJĄCY

Podstawą do oceny właściwości jezdnych badanego samochodu są zsynchronizowane w czasie przebiegi zmienności parametrów ruchu mierzonych przez opisane układy pomiarowe w trakcie wykonywania określonych manewrów drogowych. Jednoczesne wykorzystanie wszystkich czujników wymaga rejestrowania wartości około czterdziestu różnych sygnałów. Zadanie to spełnia modułowy układ pomiarowo-sterujący, który pozwala na podłączenie wszystkich niezbędnych dla wybranego testu czujników pomiarowych. Układ kondycjonuje i przetwarza do postaci cyfrowej sygnały pierwotne z czujników pomiarowych pod nadzorem wewnętrznego komputera, który zarządza cyklem pomiarowym, archiwizuje wyniki pomiarów oraz umożliwia ich wizualizację lub dalszą analizę.

Zastosowany w systemie modułowy układ pomiarowo-sterujący AD_32 pozwala bezpośrednio podłączyć wszystkie wymienione w poprzednim rozdziale, niezbędne dla wybranego testu czujniki pomiarowe. Do układu dostarczane są sygnały pomiarowe w postaci pierwotnej (np. impulsy TTL w przypadku czujnika Correvit-S). W razie potrzeby dostępne są dla wybranych typów czujników odpowiednie wzmacniacze operacyjne i filtry wejściowe.

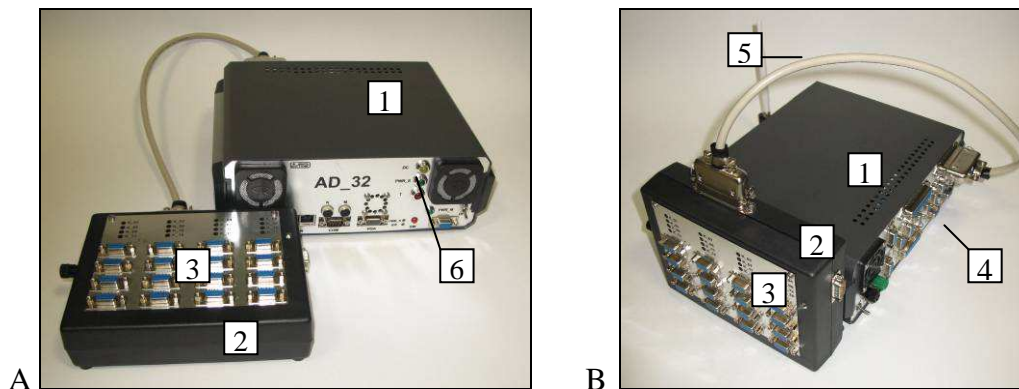
Układ pomiarowo-sterujący (rys. 6) zawiera następujące elementy:

- układ kontrolno-pomiarowy AD-32 zabudowany w kasecie, w której są zainstalowane:
- jednopłytkowy komputer pomiarowy pracujący z systemem operacyjnym Windows XP Embedded i oprogramowaniem pomiarowym zapewniającym przygotowanie testu

pomiarowego, sterowanie cyklem pomiarowym, archiwizację wyników pomiarów oraz ich wstępną wizualizację,

- moduł sprzęgający komputer pomiarowy z kartami pomiarowymi,
- karty pomiarowe,
- złącza zainstalowane na płycie czołowej i tylnej przeznaczone do podłączenia przetworników pomiarowych.
- kondycjonery sygnałów analogowych umożliwiające podłączenie sygnałów z przetworników analogowych,
- monitor, klawiatura, mysz, które po podłączeniu do układu pomiarowego AD_32 pozwalają na autonomiczną pracę systemu (opcja).

Praca z układem pomiarowym AD_32 możliwa jest bezpośrednio po podłączeniu monitora, klawiatury i myszy, lub dowolnego laptopa z system operacyjnym Windows XP przez kabel sieciowy Ethernetu albo zdalnie przez łącze radiowe Wi-Fi.



Rys. 6. Układ pomiarowo-sterujący AD_32: A – konfiguracja do pracy z komputerem PC, B – konfiguracja do pracy z wykorzystaniem łącza radiowego, 1 – kasetka układu AD_32, 2 – kondycjoner sygnałów analogowych, 3 – wejścia sygnałów analogowych, 4 – wejścia sygnałów cyfrowych, 5 – antena radiowa Wi-Fi, 6 – płyta czołowa układu AD_32

Źródło: Kolekcja autora

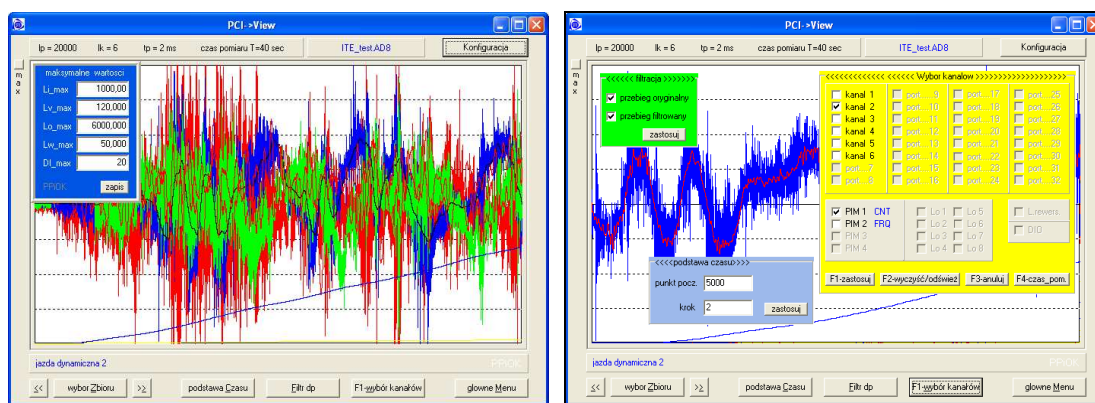
Układ pomiarowy AD_32 jest zasilany napięciem z sieci pokładowej pojazdu i obsługuje:

- 32 kanały analogowe,
- 12 kanałów cyfrowych przeznaczonych do podłączenia enkoderów,
- 1 kanał cyfrowy przeznaczony do podłączenia enkodera inkrementalnego,
- 8 linii wejściowych dwustanowych (poziom sygnału TTL),
- 8 linii wyjściowych dwustanowych (poziom sygnału TTL).

Oprogramowanie pomiarowo-sterujące systemu [16] stanowi oryginalny pakiet programów pracujących w środowisku Windows XP opracowanych specjalnie dla opisanego układu pomiarowego. Podstawowe oprogramowanie składa się z szeregu modułów pozwalających między innymi na:

- skalowanie kanałów analogowych i impulsowych,
- zaprogramowanie i wykonanie dowolnej (w ramach zainstalowanych modułów) sekwencji cyklu pomiarowego, a w szczególności ustalenie:
 - częstotliwości próbkowania,
 - czasu pomiaru,
 - sekwencji próbkowania i wzmocnienia i filtrów sygnałów pomiarowych,
 - parametrów wizualizacji w czasie rzeczywistym na monitorze komputera i wyświetlaczu zewnętrznym,
- trybu sygnalizacji przekroczenia dopuszczalnych poziomów sygnałów pomiarowych,

- prezentację wyników pomiarów i wstępną analizę poziomów mierzonych sygnałów,
- konwersję wyników pomiarów do postaci znakowej.



A

B

Rys. 7. Wybrane przykładowe opcje oprogramowania pomiarowo - sterującego: A - przeglądanie wyników pomiarów, B – analiza wyników pomiarów. [15]

Dodatkowe, specjalistyczne oprogramowanie obejmuje analizę liczbową i graficzną przeprowadzonych testów zgodnie z wymogami odpowiednich norm dotyczących przeprowadzanych testów. Na rys. 7 zamieszczono widoki ekranu komputera ilustrujące niektóre z możliwości oprogramowania dedykowanego dla układu pomiarowego AD_32.

Przedstawiony w artykule system aparatury o opisanej konfiguracji wraz z odpowiednim oprogramowaniem został zbudowany w Instytucie Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu i będzie wykorzystywany do badań pojazdów przeznaczonych dla Straży Pożarnej realizowanych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej w Józefowie.

PODSUMOWANIE

Samochody ciężarowe ze względu na znaczną masę, duże wymiary, zmienne położenie środka masy oraz stwarzane zagrożenie bezpieczeństwa w sytuacjach krytycznych w ruchu drogowym, powinny być poddawane badaniom oceniającym właściwości jezdne. Dotyczy to szczególnie budowanych na ich bazie pojazdów specjalnych wykorzystywanych w Straży Pożarnej do działań gaśniczych i ratowniczych. Samochody te pomimo często spotykanego niekorzystnego położenia środka masy, powinny charakteryzować się dobrymi właściwościami jezdnyimi.

System do badań właściwości jezdnych przystosowany do badania samochodów ciężarowych, którego budowę i zasadę działania przedstawiono w artykule, składa się z czujników do pomiaru parametrów ruchu, centralnego układu pomiarowo-sterującego i oprogramowania. Pozwala on na przeprowadzenie najczęściej wykonywanych standardowych testów kierowności i stateczności samochodu w sytuacjach drogowych stwarzających największe zagrożenie bezpieczeństwa w ruchu. System pod względem dostępnej konfiguracji, liczby czujników i długości przewodów sygnałowych został dostosowany do badań dużych samochodów ciężarowych. Wyniki badań uzyskanych z wykorzystaniem opisanego rozwiązania pozwolą na ocenę bezpieczeństwa samochodów pożarniczych w trakcie badań dopuszczających pojazdy do użytkowania oraz będą przydatne w pracach badawczo-rozwojowych i konstrukcyjnych związanych z projektowaniem i wytwarzaniem nowych rozwiązań.

Opisany system badawczy dzięki modułowej budowie oraz możliwości elastycznej konfiguracji w zakresie doboru czujników i modyfikacji oprogramowania może być wykorzystywany do badań właściwości jezdnych pojazdów i maszyn, których

bezpieczeństwo w ruchu jest uzależnione od właściwej reakcji na sygnały sterujące i zakłócenia zewnętrzne.

THE TECHNICAL SYSTEM FOR TESTING THE DRIVING PROPERTIES OF THE FIRE TRUCKS

Abstract

The article presents the concept of the modular system for testing the driving properties of the fire trucks that are characterised with high centre of mass. The system consists of the set of sensors for measuring the driving parameters on the move, electronic system for control and measurement and dedicated computer software. The measurements gathered characterise the behaviour of the vehicle in movement during standard road tests and allow assessment of the safety of the vehicle and its usability for the special tasks.

BIBLIOGRAFIA

1. Andrzejewski R., „Stabilność ruchu pojazdów kołowych”, WNT, Warszawa, 1997.
2. Bieliński M., Pokorski J.: “System pomiarowy do badania stateczności ruchu pojazdu”. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 4(51)/2003 s. 17-30, Politechnika Warszawska, 2003r.
3. Gidlewski M.: *Wpływ położenia środka masy na zachowanie się samochodu ciężarowego w ruchu krzywoliniowym*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 4(16)/95. PW SiMR, Warszawa 1995.
4. Gidlewski M., Kozioł S., Zbrowski A.: *Metody badań własności jezdnych samochodów z wysoko położonym środkiem masy*. Logistyka 6/2011, s. 1103-1114.
5. ISO 14792:2011, “Road vehicles - Heavy commercial vehicles and buses - Steady-state circular tests”.
6. ISO 14793:2011, “Road vehicles - Heavy commercial vehicles and buses - Lateral transient response test methods”.
7. ISO 14794:2011, “Heavy commercial vehicles and buses - Braking in a turn - Open-loop test methods”.
8. ISO 3888-1:1999 “Passenger cars - Test track for a severe lane-change manoeuvre. Double-lane change”
9. Kamiński E., Pokorski J.: „Dynamika zawiesznień i układów napędowych pojazdów samochodowych. WKŁ, Warszawa 1983.
10. Kozioł S., Pokorski J., Zbrowski A.: *Koncepcja systemu technicznego do badań właściwości jezdnych pojazdów pożarniczych*. LOGISTYKA 3/2012, s. 1141-1147.
11. Litwinow A., „Kierowalność i stateczność samochodu”, WKŁ, Warszawa 1976.
12. Mitschke M., „Dynamika samochodu”, WKŁ Warszawa 1977.
13. Pieniążek W., „Wybrane zagadnienia badania stateczności i kierowalności samochodów”, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej. Nr 3(79)/2010. Str. 29 ÷ 44.
14. Prochowski L., *Pojazdy samochodowe, Mechanika ruchu*, wydanie 2, WKiŁ, Warszawa 2009.
15. Prochowski L., Gidlewski M., Jemioł L., Pokorski J., *Analiza zagrożeń związanych z eksploatacją sprzętu gaśniczego i ratownictwa technicznego stosowanego w czasie akcji ratowniczych i metody badań samochodów pożarniczych*. Przemysłowy Instytut Motoryzacji 2011 (niepublikowane)

16. Prochowski L., Koziół S.: *Zagrożenia w ruchu pojazdów z wysoko położonym środkiem masy*, Problemy Eksploatacji 2011 nr 2, s 297-308
17. Wicher J., „*Stabilność układów a stateczność pojazdów drogowych*”, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej. Nr 3(79)/2010. Str. 9 ÷ 18.

Autorzy:

dr inż. Andrzej ZBROWSKI - Instytut Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu;
dr inż. Stanisław KOZIOŁ - Instytut Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu;