

Mechatroniczne stanowisko testowe typu „End Line” i jego wykorzystanie w diagnostyce autobusów

Mateusz Marzec, Tadeusz Uhl

Wprowadzenie

Podstawową zasadą właściwego użytkowania obiektów technicznych związanych z wykonywaniem transportu pasażerów jest regularna ocena ich stanu technicznego. Ma to szczególnie znaczenie w pojazdach autobusowych. Wszelkie nieprawidłowości w ich działaniu mogą w szczególnych przypadkach spowodować zdarzenia niebezpieczne dla pasażerów. Prowadzą także do obniżenia dostępności taboru.

Przy współczesnym rozwoju technologii problem odpowiedniej diagnostyki autobusów może być rozwiązany

poprzez wprowadzenie systemów zautomatyzowanych. Nawet niewielkie uszkodzenie, łatwe do usunięcia we wczesnej fazie powstawania, jeśli nie zostanie naprawione może generować znaczne koszty lub być przyczyną poważniejszej awarii wyłączającej autobus z eksploatacji [8]. Obecne procedury diagnostyki poprodukcyjnej autobusów zakładają udział człowieka w badaniach, co znacznie wydłuża ich czas i może powodować, że ocena będzie nieobiektywna. Z uwagi na niewykryte awarie firma przewożąca naraża się na zwiększone koszty

eksploatacji w wyniku przestoju autobusu, jak również w wyniku napraw skutków potencjalnej awarii. Przy wysokim wskaźniku wykorzystania taboru może wystąpić sytuacja, w której brakuje autobusów w tzw. rezerwie. Przebieg autobusu może nie tylko wpłynąć negatywnie na reputację firmy w wyniku braku możliwości świadczenia usług przewozowych, ale przede wszystkim generować poważne straty finansowe, które w przypadku autobusu klasy Maxi wynoszą średnio ok. 2500 zł/dobę a w przypadku autobusu klasy Mega nawet 3000 zł/dobę [1].



Fot. 1. Strefa testów poprodukcyjnych

Istotnym składnikiem kosztów są również naprawy i części zamienne oraz ewentualne holowanie autobusu. Aby uniknąć tych sytuacji, stan techniczny autobusu powinien być kontrolowany każdorazowo przed wyjazdem z zajezdni. Przy wykorzystaniu obecnych procedur diagnostycznych stosowanych na stacjach kontroli pojazdów taka praktyka jest bardzo trudna do wdrożenia. Przykładem może być zajezdnia autobusowa obsługująca ponad 206 autobusów i wyposażone w jedną stację kontroli pojazdów [2]. Skrócony czas badania jednego autobusu, które obejmuje podstawowe układy trwa 30 minut. Przy obecnym wskaźniku wykorzystania taboru w zajezdni (ok. 88%) przeprowadzenie kontroli wszystkich autobusów wyjeżdżających zajęłoby ok. 90 godzin, co nie jest możliwe do zrealizowania. Na podstawie tych danych łatwo też obliczyć, że wydłużenie badania o 1 minutę skutkuje wydłużeniem kontroli wszystkich autobusów o ok. 3 godziny. Mając na uwadze powyższe aspekty, można wywnioskować jak duży wpływ na koszty eksploatacji autobusów ma czas wykonywanych badań diagnostycznych.

Problemy konstrukcyjne środków transportu wiążą się jednak nie tylko ze stratami finansowymi, ale przede wszystkim powodują zagrożenie dla zdrowia i życia pasażera. Transport drogowy, w tym autobusowy, jest wciąż jednym z najmniej bezpiecznych. Statystyki przeprowadzane przez Komendę Główną Policji pokazują, że liczba wypadków udziałem autobusów utrzymuje się stale na wysokim poziomie. W 2011 r. zdarzyły się 364 wypadki, w których zginęło 16 osób, a 584 zostały rane [3]. Prowadzi to do znacznych kosztów społecznych. Szacuje się, że łączne koszty wypadków drogowych w Polsce wyniosły w 2011 r. ponad 23,8 mld zł [9].

Niepokojący jest fakt, że w przywoływanej zajezdni, podczas kontroli stanu technicznego pojazdów autobusowych aż w 15% z nich stwierdzono usterki. Z przedstawionych informacji wynika konieczność przeprowadzenia kontroli technicznej autobusów przy każdym wyjeździe z zajezdni (bazy) oraz konieczność skrócenia czasu przeprowadzania badań. Badania te powinny być obligatoryjne.

Realizacja powyższych wniosków jest możliwa dzięki opracowaniu nowych zautomatyzowanych procedur diagnostycznych oraz poprzez zbudowanie zintegrowanego stanowiska diagnostycznego, które w sposób zautomatyzowany umożliwi realizację tych procedur. Takie zadanie podjęto w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Stanowisko testowe „End of Line” [5]

W Akademii Górniczo-Hutniczej w ramach projektu „End of Line” finansowanego przez program POIG (nr projektu POIG-01.03.01-12-035/08-00) opracowano i przetestowano koncepcję stanowiska umożliwiającego przeprowadzenie pełnego procesu badań diagnostycznych w sposób w pełni automatyczny. Zaproponowane stanowisko diagnostyczne może być przede wszystkim wykorzystane do diagnostyki poprodukcyjnej, która dzięki wykorzystaniu w pełni zautomatyzowanych procedur testowych pozwoli skrócić czas badań i wyeliminować błąd ludzi podczas przeprowadzania kontroli. Ze względu na modułową konstrukcję, stanowisko może być również wykorzystane w przedsiębiorstwach komunikacyjnych do każdorazowej kontroli autobusu przed wyjazdem z zajezdni. Dzięki w pełni zautomatyzowanemu procedurom testowym czas badań i udział operatora został zminimalizowany. Konstrukcja stanowiska oparta jest na integracji w jeden system informatyczny różnych systemów do testowania poszczególnych podzespołów pojazdu. Taka integracja wymagała opracowania interfejsów sprzętowych zarówno mechanicznych, elektronicznych oraz programowych. System po badaniu w sposób autonomiczny generuje odpowiednie raporty i może być kontrolowany zdalnie poprzez sieć internetową. Stanowisko testowe można wykorzystać również do okresowych badań diagnostycznych, kontroli po naprawach jak również, jako stanowisko badawcze przy opracowaniu nowych rozwiązań konstrukcyjnych lub modyfikacji istniejących już układów i ich oprogramowania. Stanowisko „End of Line” jest dedykowane dla producentów autobusów, firm przewoźnych i stacji kontroli pojazdów. Do korzyści płynących z wykorzystania omawianego stanowiska testowego zaliczyć można m.in.:

- ❑ zwiększenie niezawodności badań diagnostycznych,
- ❑ zwiększenie zakresu testowanych podzespołów,
- ❑ przyspieszenie procedury testowania,
- ❑ obniżenie kosztów diagnostyki pojazdów,
- ❑ możliwość symulacji warunków rzeczywistych, w których użytkowane będą pojazdy autobusowe,
- ❑ możliwość sprawdzenia elementów, których diagnostyka w warunkach drogowych jest bardzo uciążliwa lub kosztowna,
- ❑ obniżenie prawdopodobieństwa wystąpienia usterek w pojazdach autobusowych oddawanych do użytku końcowym odbiorcom i użytkownikom.

Stanowisko „End of Line” składa się z urządzeń do testów poprodukcyjnych, które mają zapewnić testowanie jakości produkowanych seryjnie pojazdów, jak również z modułów do przeprowadzania badań rozwojowych, które mają umożliwić nowo projektowanemu pojazdowi poprawę ich jakości i funkcjonalności, a przede wszystkim niezawodność i trwałość.

Konfiguracja dla testów produkcyjnych

Dla potrzeb testów poprodukcyjnych stworzono halę diagnostyki pojazdów, gdzie testowane są układy odpowiadające przede wszystkim za bezpieczeństwo oraz bezawaryjność m.in. stan zawieszenia, ciśnienie w oponach, układ hamulcowy, ustawienie świateł, układ kierowniczy. Dzięki w pełni zautomatyzowanej aparaturze pomiarowej udział człowieka w badaniach został zredukowany do absolutnego minimum, co pozwoliło nie tylko zmniejszyć koszty wykonywanych badań, zwiększyć bezpieczeństwo pracowników i skrócić czas testów, ale przede wszystkim zagwarantować wysoką jakość wykonywanych badań. Stanowisko testów poprodukcyjnych (fot. 1) składa się z:

- * urządzenia do automatycznego pomiaru wizyjnego poprawności zbieżności kół autobusu [6],
- * urządzenia umożliwiającego w pełni automatyczną kontrolę ciśnienia w ogumieniu,
- * urządzenia rolkowego umożliwiającego badanie parametrów hamulców pojazdu,



Rys. 2. Deszczownia



Rys. 3. Strefa klimatyczna

- * urządzenia do automatycznego pomiaru wizyjnego poprawności ustawienia świateł drogowych [7],
- * urządzenia umożliwiającego automatyczny pomiar poprawności ustawienia kąta skrętu kół pojazdu,
- * systemu kontroli poprawności działania systemów pokładowych pojazdu, tj. oświetlenie wewnętrzne, głośnik tubowy, wycieraczki czy inne urządzenia zabudowane na pokładzie pojazdu.

Stanowisko „End of Line” umożliwia również sprawdzenie pojazdu pod względem szczelności w komorze deszczowni (fot. 2), gdzie przez określony czas jest poddawany testowi odpowiadającemu eksploatacji w warunkach ekstremalnych opadów deszczu.

Konfiguracja dla prac badawczo-rozwojowych

Stanowisko „End of Line” posiada konfigurację, która pozwala na realizację prac badawczo-rozwojowych w zakresie rozwoju konstrukcji autobusu. Jej podstawowy element stanowi komora klimatyczna (fot. 3) pozwalająca na uzyskanie temperatur z zakresu od -25oC do 50oC przy wilgotności 95%. Takie warunki klimatyczne umożliwiają przeprowadzenie badania właściwości termicznych autobusu. Komora jest wyposażona w hamownię podwoziową, która umożliwia pomiar momentu do 10000 Nm w trybach

inercyjnym, dynamicznego obciążenia, stałych obrotów oraz w trybie drogowym. W komorze klimatycznej można przeprowadzić następujące testy:

- ❑ sprawdzanie odporności różnych elementów autobusu na wysokie i niskie temperatury oraz na gwałtowne zmiany temperatury,
- ❑ badanie układów i materiałów pod względem ich odporności na szoki termiczne,
- ❑ sprawdzanie poprawności działania urządzeń klimatyzacyjnych oraz grzewczych w autobusie, ewentualna weryfikacja i optymalizacja działania dla indywidualnych potrzeb klienta,
- ❑ pomiar termowizyjny i wykrywanie mostków termicznych,
- ❑ optymalizacja wydatku energetycznego układów klimatyzacji i ogrzewania autobusu,
- ❑ sprawdzenie wydajności układów chłodzenia i grzania,
- ❑ badanie komfortu termicznego wewnątrz autobusu,
- ❑ pomiar parametrów silnika przy zmiennych temperaturach otoczenia.

Konfiguracja dla badań eksploatacyjnych

Dzięki zastosowaniu konfiguracji stanowiska do każdorazowej kontroli autobusu przed wyjazdem z zajezdni, ilość nieplanowanych przestojów wynikających z awarii lub nieprawidłowego

ustawienia parametrów eksploatacyjnych poszczególnych komponentów może zostać zredukowana do minimum. Kontrola tego typu powinna obejmować pomiar:

- * ustawienia świateł drogowych,
- * ciśnienia w ogumieniu,
- * parametrów hamulców pojazdu.

Bazodanowy system informatyczny wspierający badania diagnostyczne

Wszystkie komponenty stanowiska są zintegrowane w ramach systemu informatycznego co ułatwia sterowanie badaniami oraz tworzenie raportu z przeprowadzonych badań. Przykładowe widoki ekranu operatorskiego przedstawiono na rysunku 1. Integralną częścią stanowiska „End of Line” jest bazodanowy system informatyczny, który umożliwia sterowanie wszystkimi procesami testowymi. Dzięki zintegrowaniu z bazą pojazdów wyprodukowanych, po wprowadzeniu numeru VIN istnieje możliwość dostępu do wszystkich parametrów nominalnych dla każdego pojazdu. Podczas testów system automatycznie porównuje wartości zmierzone z nominalnymi i określa czy dany parametr mieści się w granicach tolerancji. Wszystkie pojazdy przechodzące testy otrzymują certyfikat jakości, a parametry testów przechowywane są w bazie i dostępne na życzenie użytkownika.

Dodatkowe wyposażenie stanowiska „End of Line”

Stanowisko wyposażone jest w kamerę termowizyjną, za pomocą której można realizować badanie mapy rozkładu temperatur na powierzchni pojazdu. Wysokiej klasy kamera termowizyjna, dostosowana do pracy w trudnych warunkach, służy do diagnozowania problemów w instalacjach elektrycznych, urządzeniach elektromechanicznych, grzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych i innych. Główną zaletą kontroli za pomocą tej kamery są pomiary termowizyjne przeprowadzane w czasie pracy urządzeń, co nie powoduje żadnego zakłócenia cyklu produkcji. Znacząco obniża to koszty badań. Kamerą termowizyjną uzyskuje się obraz badanego obiektu z rozdzielczością do 0,1°C. Obrazy wykonane w podczerwieni i w paśmie światła widzialnego nałożone na siebie umożliwiają szybkie i łatwiejsze lokalizowanie nieprawidłowości. Technologia ta zapewnia wykonanie zdjęcia cyfrowego jednocześnie z rejestracją obrazu w podczerwieni i łączy je w jeden obraz. Podkreślić należy, że analiza obrazu zarejestrowanego w podczerwieni jest łatwiejsza, szczególnie w zakresie określenia niesprawnego komponentu. Stanowisko testowe jest również wyposażone w system pomiaru drgań umożliwiający wykonanie testów wibrodiagnostycznych zarówno podczas badań stacjonarnych na hamowni, jak i testów drogowych (prowadzonych podczas jazdy w zróżnicowanych

warunkach). Wykorzystanie stanowiska badań akustycznych dedykowanego dla pojazdów autobusowych umożliwia prowadzenia pomiarów hałasu generowanego przez pojazd. Odpowiednia konstrukcja stanowiska pomiarowego zapewnia prowadzenie badań w warunkach zbliżonych do pomiarów w polu swobodnym.

Podsumowanie

Stanowisko testów poprodukcyjnych „End of Line” stanowi bardzo przydatne narzędzie dla producentów autobusów. Dzięki wykorzystaniu w pełni zautomatyzowanych procedur testowych uzyskano efekt skrócenia czasu badań i wyeliminowania błędów operatora podczas kontroli. Stanowisko „End of Line” umożliwia skrócenie czasu testowania pojazdów o 50%. Modułowość stanowiska umożliwia realizację jego uproszczonej wersji przydatnej również dla eksploatatorów taboru autobusowego, dając możliwość pełnej kontroli autobusów przed wyjazdem z zajezdni, co w znacznym stopniu wpływa na bezpieczeństwo i daje pozytywny skutek ekonomiczny poprzez zminimalizowanie ryzyka nieprzewidzianej awarii. W stanowisku zastosowano najnowsze, zaawansowane technologicznie rozwiązania umożliwiające jego najbardziej efektywne wykorzystanie. Jest urządzeniem diagnostycznym, którego zastosowanie w konsekwencji ogranicza koszty eksploatacji do minimum a jednocześnie przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa przewozów pasażerskich.

Niniejszy artykuł został opracowany w ramach projektu „Mechatroniczne stanowisko testowe typu END LINE” finansowane z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (nr projektu POIG-01.03.01-12-035/08-00)

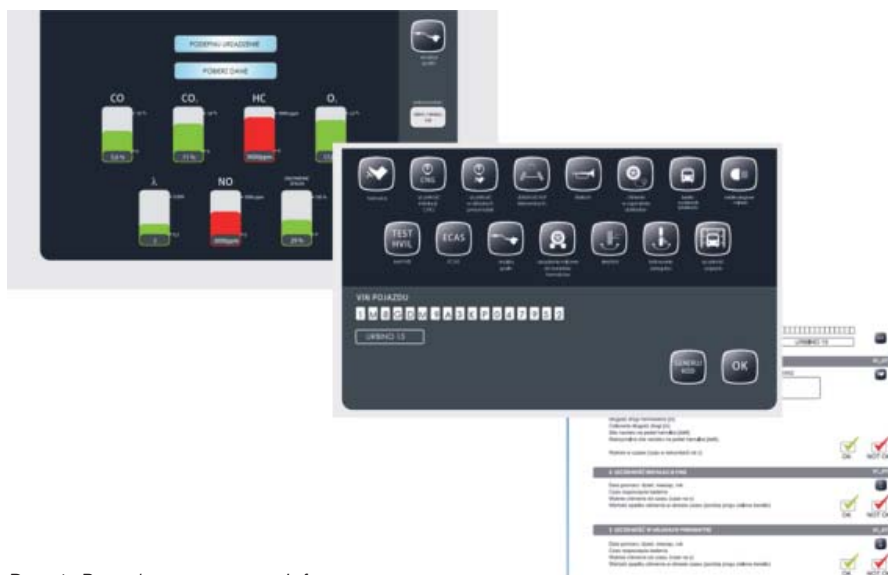
Bibliografia

- [1] Marzec M., *Analiza dostępności obiektów mechatronicznych*, praca magisterska wykonana pod kierunkiem T. Uhla, AGH Kraków, 2012.
- [2] <http://www.mpk.krakow.pl>
- [3] *Wypadki drogowe w Polsce w 2011 r.* Komenda Główna Policji, Warszawa 2012, http://zmpd.zmpd.pl/aktualnosc_pliki/f-3494-4586.autobusy_i_pol_2009_-_analiza.pdf
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 1 lutego 2005 roku w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do stacji przeprowadzających badania techniczne pojazdów.
- [5] Dokumentacja wewnętrzna projektu „END of LINE” Akademii Górniczo-Hutniczej.
- [6] Szewo M., Cagara G., Cycoń R., *Vision stand for measurement of the Ackermann steering geometry of vehicles*, Archives of Transport ROK, NUMER
- [7] Szewo M., Cagara G., Cycoń R., *Mechatronic end line system for characterization of automotive headlamps*, Archives of Transport ROK, NUMER
- [8] Misiurski P., *Koszty eksploatacji taboru autobusowego w przedsiębiorstwach komunikacji samochodowej*. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2012, nr 11.
- [9] Dyr T., *Inwestycje infrastrukturalne w sektorze transportu jako czynnik kreowania konkurencyjności regionów*, [w:] Dyr T., Siek E., *Uwarunkowania rozwoju regionalnego Unii Europejskiej*, Spatium, Radom 2012.

Autorzy:

Mateusz Marzec – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, e-mail: mamarzec@agh.edu.pl

Tadeusz Uhl – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, e-mail: tuhl@agh.edu.pl



Rys. 1. Bazodanowy system informatyczny