

METHODOLOGY OF OPERATION VERIFICATION ON BOARD DIAGNOSTICS SYSTEMS (OBD) IN POLISH CONDITIONS

Marcin Ślęzak

*Instytut Transportu Samochodowego
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80
tel.: +48 22 6753058, fax: +48 22 8110906,
e-mail: marcin.slezak@its.waw.pl*

Abstract

The paper concerns methodology of operation verification on board diagnostics systems OBD II / EOBD owing to the chassis dynamometer test and in the real condition maintenance in Poland. Two kinds of diagnostic strategies of on board diagnostics systems, confirmed symptom and statistical processing data, were presented. Paper also describes the method of acting verification of OBD II / EOBD system according to the United States Federal FTP75 driving cycle and the New European Driving Cycle on chassis dynamometer stand with simultaneously simulation of malfunction reliable for emission decrease components. Article takes notice of a threat follows from predictability type approval cycle and in connection with that the American In-Use Monitor Performance Ratio (IUMPR) was presented and the modified Polish equivalent ratio was proposed.

Keywords: vehicle, vehicle inspection, chassis dynamometer and road researches, OBD, exhaust emissions

METODYKA WERYFIKACJI DZIAŁANIA SYSTEMÓW DIAGNOSTYKI POKŁADOWEJ (OBD) W WARUNKACH POLSKICH

Streszczenie

Artykuł prezentuje metodykę weryfikacji poprawności działania systemów diagnostyki pokładowej OBDII / EOBD z uwagi na badania na hamowni podwoziowej i w rzeczywistych warunkach eksploatacji w Polsce. Zaprezentowano dwa rodzaje strategii decyzyjnych pokładowych systemów diagnostycznych: strategię potwierdzonego symptomu i strategię wykorzystującą obróbkę statystyczną danych. Opisano również sposób weryfikacji działania systemu OBDII / EOBD według amerykańskiego testu jeźdnego oraz europejskiego cyklu jeźdnego na hamowni podwoziowej przy jednoczesnym symulowaniu usterek elementów odpowiedzialnych za ograniczenie emisji substancji toksycznych. Zwrócono uwagę na zagrożenia wynikające z przewidywalności cyklu homologacyjnego i przytoczono, w związku z tym, amerykański wskaźnik efektywności eksploatacyjnej IUMPR oraz zaproponowano jej zmodyfikowany Polski odpowiednik.

Słowa kluczowe: samochód, diagnostyka samochodów, badania na hamowni podwoziowej i drogowe, OBD, emisja spalin

1. Wstęp

Pokładowy system diagnostyczny OBD, to zespół testów diagnostycznych oraz procedur obliczeniowych i decyzyjnych, wykonywanych w czasie rzeczywistym, mających na celu ocenę sprawności emisyjnej oraz sprawności elementów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo bierne i czynne pojazdu. System OBD jest integralnym elementem pojazdu połączonym z układem sterowania silnika. Jednym z podstawowych problemów związanych z techniką OBD jest badanie efektywności systemów diagnostyki pokładowej w różnych aplikacjach. Do głównych zagadnień problematyki z tym związanej należy wprowadzenie metody badania efektywności systemu OBD.

W przyszłości system OBD będzie także obejmował wszystkie podstawowe podsystemy nadwozia i podwozia, co będzie oznaczało, że do realizacji funkcji systemu będą włączone także pozostałe sterowniki pojazdu.

Wprowadzenie skutecznej metody identyfikacji i eliminacji z ruchu pojazdów z uszkodzeniami sygnalizowanymi przez system OBD umożliwi zmianę formy kontroli pojazdów sprawnych [1],[2]. Należy tu zauważyć, że w systemie OBD nie rejestruje się historii uszkodzeń w czasie rzeczywistym. Obecny brak ten wynika między innymi z faktu, że kody uszkodzeń i inne informacje diagnostyczne mogą być skasowane przez rozłączenie akumulatora lub za pomocą czytnika diagnostycznego OBD. Stąd też wystąpienie uszkodzenia emisyjnego nie może być trwale zapisane w module sterującym i traktowane jako podstawa prawna do eliminacji pojazdów z ruchu.

Dla spełnienia tych postulatów konieczna jest realizacja zaimplementowanych procedur diagnostycznych (monitorów diagnostycznych) w czasie rzeczywistej eksploatacji pojazdów w możliwie krótkim czasie. Konieczna jest zatem ocena eksploatacyjnej efektywności systemu OBDE (*On Board Diagnostic Efficiency*).

2. Amerykański podstawowy eksploatacyjny cykl jezdny OBD II

Podczas procedury homologacyjnej dopuszczającej pojazd do ruchu na terenie Stanów Zjednoczonych, realizowany jest test skuteczności wykrywania usterek emisyjnych systemu OBD II. Efektywność badana jest w oparciu o jeden z testów emisyjnych – FTP75 (Rys. 1.) lub nowszy *Unified Cycle* – określany jako LA92 [3], [4], [5]. Każdy składa się z trzech części: fazy zimnej (zimnego rozruchu), fazy stabilizacji (jazdy pojazdem rozgrzanym) oraz fazy gorącej (gorącego rozruchu) poprzedzonej dziesięciominutowym postojem pojazdu z wyłączonym silnikiem. Fazy te tworzą dwa podcykle jezdne; ponowny rozruch – stanowi początek nowego podcyklu obejmującego fazę rozruchu gorącego oraz postój z wyłączonym silnikiem po zakończeniu testu. Istotny jest przy tym fakt, że czas trwania pierwszego z podcykli jest stały, natomiast drugi cykl jezdny będzie cyklem o czasie trwania uzależnionym od czasu postoju pojazdu z wyłączonym silnikiem po zakończeniu testu.

Wymóg stawiany systemowi OBD II nakazuje wykonanie wszystkich zaimplementowanych w pojeździe monitorów diagnostycznych podczas realizacji pierwszych dwóch części (czyli pierwszego podcyklu jezdnego). W większości pojazdów wyprodukowanych przed rokiem 2000 jest to cykl FTP75, natomiast cykl LA92 (jako wprowadzony do użytku później) jest wykonywany rzadziej.

Na Rys. 1. przedstawiono cykl FTP75, który można podzielić na 3 fazy:

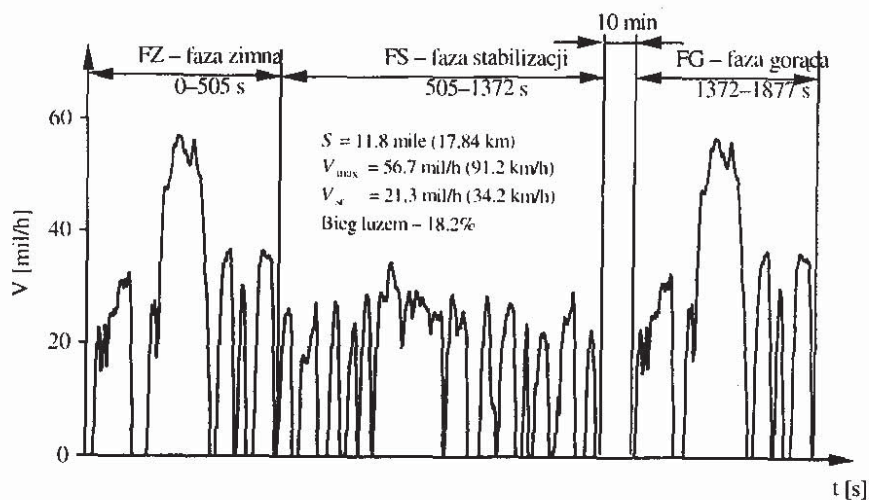
- zimną (*Cold Transient Phase*) trwającą 505 s;
- stabilizacji (*Cold Stabilised Phase*) trwającą 864 s;
- gorącą (*Hot Transient Phase*) trwającą 505 s – pod względem przebiegu prędkości taka sama jak faza zimna.

Dodatkowo jako element fazy przejściowej można wyróżnić fazę 10 min postoju z wyłączonym silnikiem, która poprzedza fazę gorącą. W obydwu fazach składających się łącznie na ten cykl silnik pracuje 1511 s, czyli prawie trzy razy dłużej, niż wymagane normą 600 s, całkowity czas jazdy z prędkością powyżej 25 mil/h wynosi 560 s, a więc prawie dwa razy więcej niż wymagane normą 300 s, natomiast całkowity czas pracy na biegu jałowym (prędkość poniżej 1 mil/h) wynosi 314 s przy wymaganych 30 s. Na tej podstawie można stwierdzić, że są spełnione podstawowe warunki inkrementacji mianowników współczynnika efektywności eksploatacyjnej.

Całkowity czas trwania fazy trzeciej wynosi 505 s. Jeśli po zakończeniu testu i wyłączeniu silnika nie zostanie on włączony w ciągu 95 s – będzie spełniony warunek dotyczący czasu trwania cyklu (minimum 600 s). Jest to bez znaczenia, gdyż całkowity czas

jazdy z prędkością większą lub równą 25 mil/h wynosi 225 s, więc o 75 s za mało aby spełnić wymaganie narzucone przepisami. Spełnione jest natomiast wymaganie dotyczące biegu jałowego – pojazd w tym stanie znajduje się łącznie przez 63 s, czyli ponad dwa razy dłużej niż wymagane minimum. W celu inkrementacji mianownika spełnione być muszą wszystkie wymagane warunki.

Uzyskane dla testu emisyjnego wyniki pozwalają stwierdzić, że prawodawstwo amerykańskie w wypadku testu FTP75 jest konsekwentne. Warunki wystarczające do zwiększenia wartości mianowników współczynników efektywności eksploatacyjnej monitorów zachodzą jedynie w cyklu jezdny, w którym jest wymagane zrealizowanie wszystkich zainstalowanych w pojeździe monitorów diagnostycznych OBD. Nie są one spełnione natomiast w drugim podcyklu jezdny, co jest zgodne z oczekiwaniami. Nie są bowiem z tym podcyklem jezdny związane żadne wymagania dotyczące realizacji monitorów.



– Rys. 1. Przebieg prędkości amerykańskiego federalnego testu jezdny FTP75 [4]
Fig. 1. US Federal FTP75 driving cycle [4]

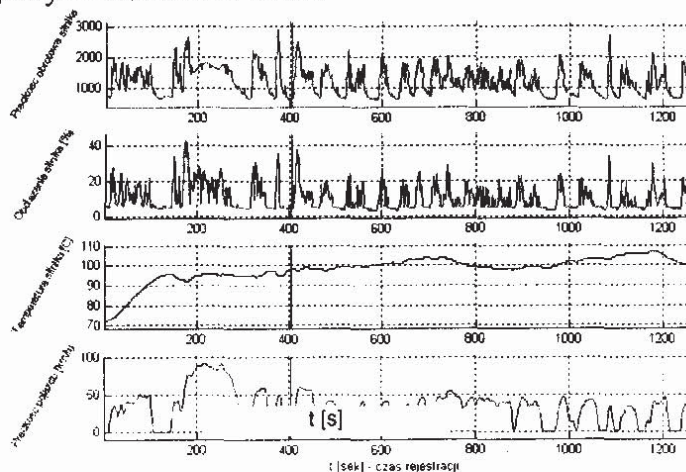
Zastosowanie współczynnika efektywności zaproponowanego przez ustawodawstwo kalifornijskie jest niewątpliwie pierwszym krokiem do opanowania zagrożeń, które mogą wynikać z nadużywania przez producentów strategii statystycznych oraz wykorzystywania detekcji przebiegu prędkości w celu zapewnienia realizacji każdego z monitorów podczas realizacji cyklu homologacyjnego. Narzucenie w przepisach minimalnej wartości współczynnika dla każdego z monitorów zaimplementowanych w pojeździe zmusza producentów do zastosowania monitorów o tak dobranych warunkach realizacji, aby wykonywały się one przynajmniej z minimalną częstotliwością określoną wymogiem prawnym. Wyklucza to zaistnienie sytuacji, w której wykonanie monitora byłoby zapewnione w trakcie realizacji cyklu homologacyjnego, a jednocześnie praktycznie niemożliwe w warunkach rzeczywistej eksploatacji.

Istotnym aspektem jest też wymóg technicznej strony implementacji współczynnika. Musi być on zapamiętywany w pamięci nieulotnej, wartości licznika i mianownika mogą zostać wyzerowane jedynie w wyniku skasowania zawartości tej pamięci, będącego efektem np. przeprogramowania sterownika. Inne zdarzenia, w tym polecenie skanera diagnostycznego, nie mogą mieć wpływu na wartości tych parametrów. Uniemożliwia to ingerencję z zewnątrz. Jednocześnie zakaz wykorzystywania wartości wskaźnika IUMPR jako kryterium uaktywniania procedur diagnostycznych zabezpiecza całkowicie ten wskaźnik przed ingerencją także ze strony systemu.

Pomimo niewątpliwych zalet, współczynnik efektywności eksploatacyjnej nie jest pozbawiony wad. Pierwszą z nich i zarazem podstawową – jest duża złożoność kryteriów. Wynika ona częściowo z dużych różnic między strategiami diagnostycznymi stosowanymi przez różnych producentów i o ile warunki podstawowe są sformułowane w sposób jednoznaczny, o tyle wszystkie warunki dodatkowe, zdefiniowane dla każdego z monitorów osobno nie są zbyt przejrzyste. Kolejną wadą jest fakt, że współczynnik efektywności nie zawiera żadnych informacji o czasie, w jakim usterka jest wykryta, a jedynie o tym, jak często – w stosunku do ilości cykli jezdnych spełniających wymagane warunki jest uruchamiany monitor diagnostyczny. Jednocześnie staje się całkowicie nieprzydatny i niewiarygodny w sytuacji, gdy pojazd jest eksploatowany np. w warunkach krótkich przebiegów i małych prędkości.

3. Jazda symulowana na hamowni podwoziowej według cyklu emisyjnego

Idea metody wykorzystuje fakt, że dopuszczony do ruchu samochód musi spełniać procedurę homologacyjną. Metoda opiera się na realizacji na hamowni podwoziowej odpowiedniego cyklu emisyjnego, połączonego z rejestracją parametrów eksploatacyjnych pojazdu (np. prędkość jazdy, prędkość, temperatura i obciążenie silnika) oraz zmian kodów gotowości poszczególnych monitorów OBD.



Rys. 2. Zarejestrowane parametry eksploatacyjne pojazdu podczas realizacji cyklu emisyjnego FTP75 na hamowni podwoziowej; realizacja monitora czujnika stężenia tlenu zaznaczona pionową linią, prędkość obrotowa [min^{-1}] / Fig. 2. Vehicle performance record during FTP75 test on chassis dynamometer, implementation of oxygen sensor monitor marked with vertical line, RPM, engine loading [%], engine temperature [$^{\circ}\text{C}$], speed [km/h]

Na Rys. 2. przedstawiono przykładowy zapis dla tego testu. Pionową linią zaznaczono czas realizacji monitora czujnika stężenia tlenu. Poza nim oraz trzema monitorami ciągłymi (podzespołów systemowych, wypadania zapłonów, systemu zasilania paliwem) w badanym pojeździe były zainstalowane dodatkowo monitory: reaktora katalitycznego, systemu odprowadzania oparów ze zbiornika paliwa (EVAP), systemu recyrkulacji spalin (EGR) oraz grzejnika czujnika stężenia tlenu.

4. Metoda wykorzystująca jazdę w rzeczywistym ruchu miejskim

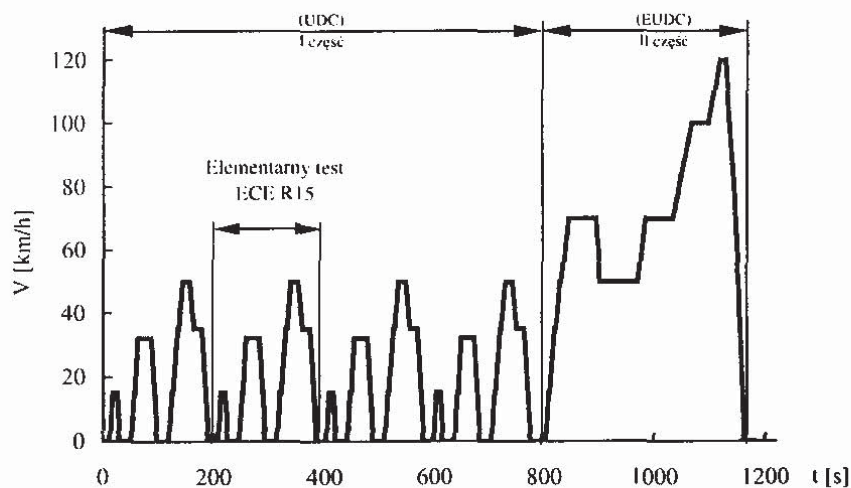
Metoda ta polega na rejestrowaniu parametrów eksploatacyjnych pojazdu w warunkach rzeczywistej jazdy drogowej. Podobnie jak w wypadku badań hamownianych realizację każdego monitora powinno się zarejestrować kilkakrotnie. Wykonując rejestracje należy zwrócić także uwagę na zewnętrzne warunki eksploatacyjne, tj. warunki pogodowe (przy zbyt niskiej temperaturze powietrza system OBD nie jest aktywowany, niektóre monitory mają

określone dodatkowe ograniczenia z nią związane), warunki drogowe (przebieg prędkości: jazda miejska, szosowa, autostradowa), kształt drogi (liczba i typ zakrętów) i profil (nachylenie i wysokość wzniesień).

5. Europejski program badań homologacyjnych

Właściwy program dzieli się na dwie fazy: wstępną oraz zasadniczą. Faza wstępna jest poprzedzona przygotowaniem pojazdu, obejmującym elektryczną symulację uszkodzeń elementów układu napędowego lub zamianę ich na elementy zużyte o odpowiednich właściwościach. Elementy zastępcze nie mogą być uszkodzone w stopniu większym niż powodującym przekroczenie dopuszczalnego poziomu emisji o więcej niż 20%. Parametry symulacji elektrycznej również muszą być dobrane w taki sposób, aby generowane sygnały odpowiadały takiemu stopniowi uszkodzenia. Podczas fazy wstępnej jest realizowany na hamowni podwoziowej cykl jezdny NEDC (Rys. 3.) [6]. W fazie zasadniczej jest realizowany test jezdny, pomiar emisji z układu wylotowego oraz obserwacja reakcji systemu pokładowego na rzeczywiste lub symulowane uszkodzenia elementów.

Kondycjonowanie pojazdu z silnikiem ZI, polega na wykonaniu co najmniej dwu niezwłocznie następujących po sobie testów jezdnych NEDC (UDC + EUDC). Dla pojazdów z silnikami ZS dopuszcza się wykonanie dodatkowo dwóch części EUDC. Producent może także zaproponować jednostce homologującej inną procedurę kondycjonowania.



Rys. 3. Przebieg prędkości pojazdu w teście NEDC (UDC + EUDC)

Fig. 3. NEDC (UDC + EUDC) driving test

W pierwszej fazie dla pojazdów z silnikami ZI mogą być wprowadzane lub symulowane następujące uszkodzenia [6]:

- reaktora katalitycznego (zastąpienie zużytym lub elektroniczne symulowanie pracy reaktora zużytego przez odpowiednie kształtowanie sygnałów z czujników stężenia tlenu);
- puste cykle pracy silnika (wypadanie zapłonów) wymuszane przez kontrolowaną ingerencję w działanie układu zapłonowego;
- zastąpienie czujnika stężenia tlenu czujnikiem zużytym lub symulacja pracy czujnika zużytego przez elektroniczne zniekształcanie odpowiedzi czujnika sprawnego;
- elektryczne rozłączenie jednego z elektronicznych i elektrycznych elementów systemu kontroli spalin, podłączonego do centralnego modułu sterującego;
- elektryczne rozłączenie systemu odpowietrzania zbiornika;
- elektryczne odłączenie wszystkich innych związanych z emisją spalin podzespołów systemu napędowego i współpracujących z komputerem, powodujące przekroczenie wartości dopuszczalnych emisji związków toksycznych z układu wylotowego.

Dla pojazdów z silnikami ZS wprowadzane uszkodzenia obejmują [6]:

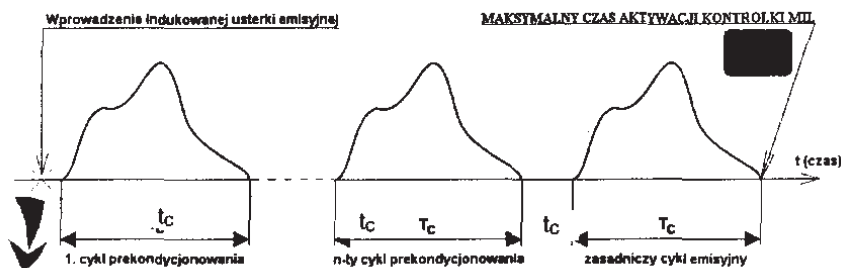
- uszkodzenie reaktora katalitycznego – rzeczywiste uszkodzenie lub jego symulacja;
- całkowite usunięcie filtra cząstek stałych lub montaż uszkodzonego filtra, jeśli czujniki pomiarowe stanowią jego integralną część;
- elektryczne rozłączenie elementów wykonawczych układów sterowania dawki i kąta początku wtrysku;
- elektryczne rozłączenie jednego z czujników lub elementów wykonawczych podłączonych do centralnego modułu sterującego układu napędowego.

System EOBD może uzyskać homologację, jeżeli:

- zarejestruje odpowiednie kody uszkodzeń oraz uaktywni kontrolkę MIL przed zakończeniem drugiej części cyklu jezdnego NEDC w trakcie realizacji zasadniczej fazy testu;
- wprowadzono którekolwiek w wyżej wymienionych uszkodzeń, a zmierzona po zakończeniu cyklu emisja drogowa co najmniej jednego ze składników toksycznych nie przekroczyła podanych w normie wartości granicznych; w wypadku oceny reaktora katalitycznego pod uwagę bierze się tylko zawartość węglowodorów.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że badania homologacyjne w Stanach Zjednoczonych i w Europie są przeprowadzane zgodnie z zasadą pojedynczego uszkodzenia. Oznacza to, że całościową reakcję systemu emisyjnego pojazdu bada się na wykrycie uszkodzenia tylko w jednym podsystemie podczas jednego testu emisyjnego. Stosowanie tej zasady wynika z faktu, że połączone uszkodzenia są mało prawdopodobne i badanie ich oddziaływania na system prowadziłyby do nadmiernego rozbudowania procedur badawczych, które dawałyby niejednoznaczne wyniki. W wypadku, kiedy wskaźnik MIL jest uaktywniony we właściwym czasie, całościowy wynik procedury homologacyjnej zależy od zmierzonej emisji. Jeżeli wynik emisji jest mniejszy od dopuszczalnego normą, to nie są wymagane dodatkowe badania do przyznania homologacji. W wypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości emisji są wymagane dalsze testy.

Wymogi zawarte w przepisach określają, w jakim czasie uaktywniona powinna być kontrolka MIL, co oznacza, że powinna być wykryta i potwierdzona usterka t_c , która została wcześniej wprowadzona do układu. Jest to zatem narzucenie producentom górnej granicy czasu dla każdego z monitorów w warunkach określonego cyklu jezdnego. Czas ten nie może przekraczać wielokrotności obowiązującego w danym systemie prawnym cyklu emisyjnego, przy czym ta wielokrotność zależy od liczby cykli wstępnych, która na wniosek producenta może zostać zwiększona (Rys. 4.).



Rys. 4. Badanie homologacyjne pojazdu z wprowadzonym pojedynczym uszkodzeniem emisyjnym

Fig. 4. Type approval vehicle test with one emission damage

Przepisy unijne stanowią, że minimalna liczba cykli prekondycjonowania wynosi dwa, natomiast górna granica nie jest ustalona, ponadto dopuszcza się w szczególnych wypadkach alternatywne metody prekondycjonowania pojazdu zaproponowane przez producenta (jeśli dostosowanie pojazdu do wymogów standardowych może obniżyć funkcjonalność systemu OBD w eksploatacji drogowej).

W przepisach amerykańskich jest przewidziane wykonanie jednego cyklu prekondukcjonowania oraz jest dopuszczone wykonanie drugiego takiego cyklu na wniosek producenta. Ponadto fazę zasadniczą dzieli się na dwie części, z których pierwsza jest dodatkowym cyklem przygotowawczym i dopuszcza się zrezygnowanie z niej przez producenta, natomiast druga - to zasadniczy test emisyjny. Podział na fazy prekondukcjonowania i zasadniczą wynika z faktu, że po zakończeniu fazy prekondukcjonowania jest zabroniona ingerencja w osprzęt i oprogramowanie samochodu. Według przepisów amerykańskich minimalna wartość cykli może wynosić jeden (rezygnacja z drugiego cyklu w fazie prekondukcjonowania i pierwszego w fazie zasadniczej), maksymalna natomiast trzy (wykorzystanie drugiego cyklu prekondukcjonowania, pozostawienie pierwszego cyklu fazy zasadniczej).

Maksymalny czas reakcji systemu EOBD na wprowadzoną usterkę (w warunkach testu emisyjnego) nie może być większy, niż $(n + 1)$ - krotność czasu trwania cyklu jezdny t_c . Czasy te są takie same, gdyż zarówno w procesie prekondukcjonowania, jak i zasadniczej fazy testu, są realizowane takie same cykle jezdne. Wyjątek stanowią następujące sytuacje [7]:

1. według przepisów UE, jeśli badany pojazd jest napędzany silnikiem ZS, to producent może zażądać realizacji dodatkowych dwóch części EUDC w ramach etapu prekondukcjonowania – oznacza to wydłużenie dopuszczalnego maksymalnego czasu reakcji o 800 s. Ponadto producent może zaproponować alternatywną metodę przygotowania pojazdu do właściwego testu emisyjnego;
2. według przepisów amerykańskich, w ramach procesu przygotowawczego producent może zażądać dodatkowej realizacji federalnego autostradowego cyklu jazdy ekonomicznej, którego czas trwania jest inny niż FTP75 lub LA92 [8].

Celem procesu homologacji systemu OBD jest zagwarantowanie, że czas reakcji tego systemu na usterkę emisyjną pozostanie w granicach określonych liczbą cykli jezdnych o określonym czasie trwania realizowanych podczas procesu homologacji.

6. Statystyczne metody decyzyjne wyników testów OBD

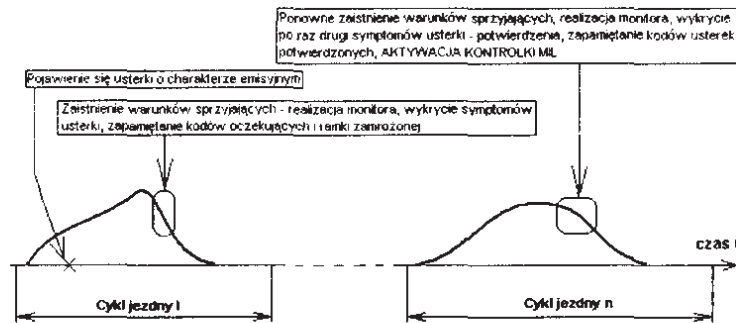
Producenci dokładają starań, aby system OBD nie sygnalizował usterki podzespołu wtedy, gdy pozostaje on sprawny. Zdarzenie tego typu nazywane jest błędem alfa lub fałszywym alarmem. Występowanie takich komunikatów podważa zaufanie do technologii OBD i naraża zarówno użytkowników, jak i producentów na niepotrzebne, niczym nieuzasadnione koszty. Aby zapobiec występowaniu takich błędów producenci mogą:

- przesunąć progi decyzyjne istniejących algorytmów;
- zmienić lub opracować nowe algorytmy decyzyjne, zmodyfikować oprogramowanie potrzebne do wykrywania usterek danego typu.

Pierwsza z metod jest łatwa do realizacji, jednak jej stosowanie jest dosyć ryzykowne. Zmniejsza się w ten sposób czułość systemu OBD, co może prowadzić do sytuacji odwrotnej – wystąpienia błędów przeoczenia. Oznacza to, że mimo spełnienia kryteriów usterki (1,5 - krotne przekroczenie dopuszczalnych norm emisyjnych) nie będzie ona wykryta przez system diagnostyczny. Zdarzenie takie nazywa się błędem beta.

Strategie tradycyjne były stosowane w pierwszych rozwiązaniach zgodnych z unormowaniami OBD II. Opierały się one na zasadzie potwierdzania symptomu usterki, stąd też nazwa: strategie potwierdzania symptomu (SPS) [9]. Na Rys. 5. jest pokazana sytuacja, w której w cyklu jezdny jest uszkodzony jeden z podzespołów związanych z emisją spalin. W dalszej części tego samego cyklu są spełnione warunki wymagane do uruchomienia procedury diagnostycznej (monitora OBD) analizującej stan tego podzespołu, który uległ uszkodzeniu. Procedura ta wykrywa symptom lub symptomy wskazujące na usterkę, zostają zapamiętane kody oczekujące oraz tzw. ramka zamrożona (zawierająca najistotniejsze parametry eksploatacyjne pojazdu w chwili wykrycia symptomu usterki). Sytuacja ta nie ulega zmianie

do czasu ponownego wystąpienia warunków realizacji tej procedury: pamięć danych pozostaje niezmienną bez względu na liczbę cykli jezdnych dzielących dwie realizacje monitora. Możliwe zmiany stanu pamięci danych obejmują: zapamiętanie nowej ramki zamrożonej w sytuacji pojawienia się symptomów usterki o wyższym priorytecie oraz wykasowanie kodów usterek i kodów gotowości (odłączenie zasilania z akumulatora lub w polecenie z czytnika diagnostycznego). Jeśli po raz drugi będzie potwierdzone wykrycie tych samych symptomów, usterka jest potwierdzana. Zapamiętane są potwierdzone kody usterek DTC oraz następuje aktywacja kontrolki MIL, informującej kierowcę o wystąpieniu usterki.

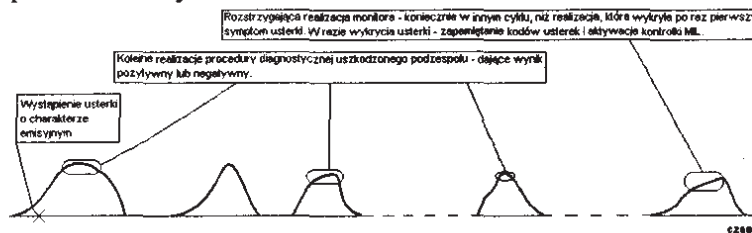


Rys. 5. Zasada działania monitora opartego na strategii decyzyjnej SPS
Fig. 5. Idea of decision strategy based on SPS strategy decision monitor

W przedstawionej sytuacji błąd typu alfa (przeoczenie usterki) miałby miejsce, gdyby podczas obydwu realizacji symptomy usterki pozostały niezauważone lub byłyby zauważone tylko jeden raz; błąd typu beta (fałszywy alarm) miałby miejsce, jeśli zaistniała usterka nie powodowała by wzrostu emisji spalin powyżej poziomu krytycznego.

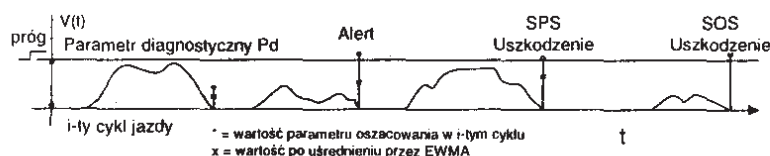
Dla porównania przedstawiono zasadę wykorzystującą statystyczną obróbkę danych pomiarowych (SOS). Proces wystąpienia usterki emisyjnej przedstawiono na Rys. 6.: gdy zostaje wykryty symptom usterki, system OBD wchodzi w tryb alarmowy, zapamiętuje ramkę zamrożoną i kody oczekujące. W kolejnych cyklach jezdnych, w których natrafi na warunki realizacji tej samej procedury diagnostycznej, która wykryła pierwszy symptom, realizuje ją, gromadząc dane wynikowe i dokonując odpowiednich obliczeń statystycznych [10].

Po wystarczającej liczbie realizacji monitora wynik obliczeń jest jednoznacznie rozstrzygający: podzespół jest sprawny lub nie. Jeśli nie, zostaje uaktywniona kontrolka MIL i jest zapamiętany potwierdzony kod usterki DTC oraz ramka zamrożona.



Rys. 6. Działanie strategii decyzyjnej opartej na statystycznej obróbce danych SOS
Fig. 6. Idea of decision strategy based on the SOS statistic data analysis

Metoda ta zmniejsza ryzyko fałszywego wyniku (przy sprawnym systemie OBD jest małe prawdopodobieństwo uzyskania kilku lub kilkunastu wyników obciążonych gr₁ n błędem pomiarowym), jednak jest czasochłonna. W strategii SPS do wydania ostatecznego werdyktu stwierdzającego usterkę konieczne było dwukrotne napotkanie sprzyjających warunków realizacji w dwóch, niekoniecznie kolejnych, cyklach jezdnych. W tym wypadku liczba ta jest kilkakrotnie większa, przepisy homologacyjne dopuszczają strategię, które potrzebują średnio sześciu, siedmiu, a nawet dziesięciu cykli jezdnych realizowanych według testów emisyjnych, aby jednoznacznie orzec, że dany podzespół jest niesprawny. Porównanie dwóch strategii zilustrowano na Rys. 7.



Rys. 7. Porównanie strategii decyzyjnych SPS i SOS
 Fig. 7. Comparison of the SPS and SOS decision strategy

Odnosząc strategie decyzyjne oparte na statystycznej obróbce danych do rzeczywistej eksploatacji można zauważyć poważne różnice w stosunku do strategii tradycyjnej. Porównując fragmenty cykli jezdnych gwarantujące wykonanie poszczególnych monitorów dla pojazdów, w których zastosowano strategię SPS i dla pojazdów ze strategią SOS, można zauważyć, że czas wymagany na zrealizowanie takiego cyklu różni się w tych dwóch wypadkach dość znacznie.

Dopuszczenie do użytku statystycznych strategii decyzyjnych podniosło niezawodność systemu OBD w kwestii wykrywania usterek, jednak obarczone jest to wydłużeniem czasu reakcji t_{RS} . Celem producentów jest przede wszystkim zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia fałszywych alarmów, natomiast czas, w jakim wykryto usterkę emisyjną jest kwestią drugorzędą. Kompromisem jest dopuszczenie zmiennej liczby cykli przygotowawczych, przy jednoczesnym ograniczeniu dopuszczalnej średniej liczby standardowych cykli jezdnych koniecznych do wykrycia usterki.

6. Badania na hamowni podwoziowej

Aby potwierdzić skuteczność działania systemu EOBD dokonano jego oceny na europejskim samochodzie osobowym Renault Megane II wyposażonym w system EOBD, w symulowanych warunkach na hamowni podwoziowej (Rys. 8.) w europejskim cyklu jezdnym według regulaminu EKG ONZ 83.05.

Badania wykonano w laboratorium badań emisji spalin Instytutu Transportu Samochodowego w Warszawie. Do badań wykorzystano aparaturę, która obejmuje:

- jednorolkową hamownię podwoziową z elektryczną symulacją bezwładności, firmy AVL-Zöllner,
- układ CVS do poboru spalin firmy AVL,
- zestaw analizatorów spalin do pomiaru stężeń CO, CO₂, HC, NO/NO_x, oraz O₂, firmy AVL.
- komorę do badań w niskich temperaturach wyposażoną w dwurolkową hamownię podwoziową firmy Jaroš.

Badany obiekt miał zaimplementowane główne procedury diagnostyczne: monitor wypadania zapłonów, monitor czujników stężenia tlenu, monitor reaktora katalitycznego, monitor elementów systemowych.

Do badań używano zunifikowanych [11] czytników informacji diagnostycznych OBD II/EOBD firmy AUTOMEX z Gdańska.

W obecnie obowiązującej w Unii Europejskiej dyrektywie 98/69/EC wyznaczono przedsięwzięcia jakie należy podjąć, aby zmniejszyć zanieczyszczenia atmosfery spowodowane przez silniki spalinowe [12]. W normie tej poza zagadnieniem emisji spalin z silników spalinowych zamieszczono też nakazy i konieczne próby niezbędne dla otrzymania homologacji przez pojazd z silnikiem spalinowym. Norma zawiera też zakres i metody badań samego systemu EOBD.

Badania homologacyjne systemu OBD II/EOBD polegają na wykonywaniu na hamowni podwoziowej testów jezdnych, które odpowiadają typowym warunkom ruchu w dużych miastach. Badania te oparte są o wprowadzanie albo elektryczne symulowanie uszkodzeń

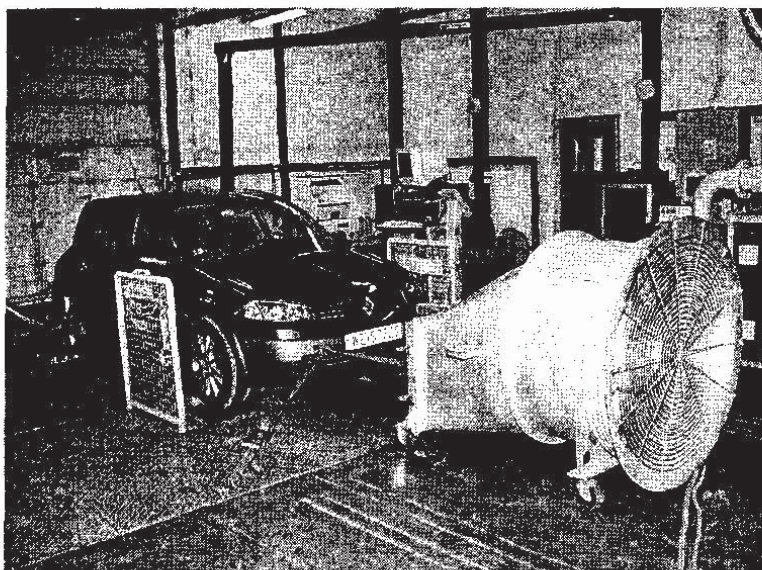
elementów emisyjnych układu napędowego, które są objęte przez kontrolę pokładowego systemu diagnostycznego. Charakterystyczne fazy badań systemu OBD II i EOBD zaprezentowano w Tab. 1.

Tabela 1. Badania homologacyjne systemu OBD II/EOBD według przepisów amerykańskich i europejskich
Table 1. OBD II/EOBD certificate testing according to US and EC regulations

Rodzaj procedury	OBD II	EOBD
Faza I	Realizacja pierwszej części testu FTP75 – celem jest stworzenie warunków do wykrycia uszkodzenia i ewentualnego zapamiętania diagnostycznych kodów błędów. faza ta może być pominięta w procesie badań na życzenie producenta	Symulacja uszkodzeń elementów albo zamiana na elementy zużyte o odpowiednich właściwościach – na podstawie normy wartość emisji drogowej nie może być większa niż 120% dopuszczalnej jej wartości (w teście typu I – Tab. 6.)
Faza II	Kompletny test emisyjny w pełnym obowiązującym cyklu (Test FTP75)	Prekondycjonowanie pojazdu przez jazdę na hamowni podwoziowej według testu typu I – dla silników ZI wykonywane są co najwyżej dwa następujące po sobie testy jezdne NEDC
Faza III	–	Realizacja pełnego testu NEDC, pomiar emisji z układu wylotowego silnika i obserwacja reakcji systemu pokładowego na rzeczywiste albo symulowane uszkodzenia elementów

Europejski i amerykański program badań homologacyjnych jest oparty na standardowych cyklach jezdnych o bardzo charakterystycznych przebiegach prędkości. Szczególnie wyróżnia się w tym względzie cykl NEDC. Przebiegi testów amerykańskich są pod tym względem bardziej zbliżone do rzeczywistości, gdyż cykle FTP75 i LA92 powstały na zasadzie symulacji rzeczywistego ruchu pojazdów. Nadal jednak są to schematy, które są realizowane podczas procedury homologacyjnej pojazdów w Stanach Zjednoczonych. Można postawić pytanie: czy producent mógłby podjąć próbę opracowania niepełnowartościowego systemu OBD – wyłącznie pod kątem przejścia procedury homologacyjnej. Realizacja takiego zamiaru jest realna – wystarczy, że sterownik PCM systemu OBD zaprogramowano by tak, aby wykrywał zadane przebiegi prędkości i w odpowiednich chwilach uruchamiał procedury diagnostyczne. Warunki realizacji procedur muszą być dobrane tak, aby ich napotkanie w cyklu jezdnym było pewne i aby jego realizacja dawała gwarancję prawidłowego wyniku.

Ponieważ producent nie ma obowiązku udostępniania kodów źródłowych oprogramowania sterownika PCM organom odpowiedzialnym za homologowanie pojazdów, wykrycie i udowodnienie takiego procederu jest bardzo trudne.



Rys. 8. Hamownia podwoziowa w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie
Fig. 8. Chassis dynamometers stand in Motor Transport Institute, Warsaw

7. Badania efektywności eksploatacyjnej systemu OBD

Nasuwa się pytanie: czy dobranie przebiegu prędkości w zadanym odcinku czasu, jako warunku koniecznego realizacji monitora, może wpłynąć na częstość realizacji monitorów podczas eksploatacji w rzeczywistych warunkach drogowych? Udzielenie odpowiedzi na nie wymaga realizacji kilku cykli eksploatacyjnych w ruchu miejskim, szosowym i autostradowym, w trakcie których zarejestrowano przebiegi prędkości pojazdu. Prędkość pojazdu była rejestrowana co 1 s. Ponadto, dla uzyskania punktu odniesienia, na hamowni podwoziowej zrealizowano cykl FTP75 (część pierwsza i druga).

Dla danego przebiegu prędkości testu wzorcowego wyznaczono dopuszczalny błąd ± 5 km/h. Zadaniem było wykrycie fragmentów prędkości o coraz większych długościach, przy wzrastającym marginesie błędów. Wyszukiwano fragmentów o długości 10 s przy dopuszczalnym błędzie rzędu ± 1 km/h. Następnie długość czasu zwiększano przy pozostawieniu niezmięionej wartości dopuszczalnej błędu. Gdy znalezienie fragmentów podobnych było niemożliwe, zwiększano wartość dopuszczalną błędu. Wyszukiwanie kończono po znalezieniu najdłuższego możliwego odcinka przy zachowaniu błędu ± 5 km/h.

Wyniki procedury zilustrowano współczynnikiem pokrycia czasu cyklu przez znalezione podobne fragmenty cykli jezdnych, zdefiniowanym wzorem:

$$W_p = \left(\frac{n_{FP} \cdot S_F}{t_r} \right) \cdot 100\% ,$$

gdzie: n_{FP} – liczba znalezionych fragmentów podobnych, S_F – długość jednego fragmentu, t_r – czas rejestracji.

Należy zauważyć, że wartość współczynnika może być większa od 100% – jest to związane z tym, że znaleziony fragment podobny może odpowiadać więcej niż jednemu fragmentowi cyklu wzorcowego.

Okazuje się, że badania homologacyjne można wykorzystać do zalegalizowania pojazdu, którego system diagnostyki pokładowej nie będzie systemem pełnowartościowym (tj., będzie prawidłowo zachowywał się jedynie w warunkach cyklu jezdnego realizowanego na hamowni podwoziowej). Oznacza to, że mimo spełnienia wymogów prawnych podczas testów laboratoryjnych, w warunkach rzeczywistej eksploatacji będzie nieprzydatny.

7. Podsumowanie

Miarą ilościowej efektywności systemu OBD jest czas jazdy $t_{0,9}$ w typowych warunkach eksploatacji, zapewniający z prawdopodobieństwem 90% realizację wszystkich monitorów diagnostycznych. Koncepcja zaproponowanego wskaźnika opiera się na kryterium czasowym, nie podlegającym ograniczeniom (zbyt krótki czas trwania cyklu jezdnego, mała prędkość jazdy, krótki czas postoju na biegu jałowym). Jest to bezwzględna, ale miarodajna metoda oceny efektywności eksploatacyjnej systemu diagnostyki pokładowej.

Procedury diagnostyczne wykorzystujące strategie decyzyjne oparte na statystycznej obróbce danych SOS, działają znacznie wolniej od procedur opartych na strategii decyzyjnej SPS. Ponadto, wymagają bardziej złożonych warunków koniecznych do realizacji.

Literatura

- [1] Merkisz J., Ślęzak M.: *Problemy związane z wprowadzeniem systemu OBD II*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 2(41)2001. Politechnika Warszawska SiMR. Warszawa 2001.

- [2] Merkisz J., Gis W., Ślęzak M.: *Konieczność i możliwości wykorzystania systemu EOBD/OBD II podczas badań kontrolnych pojazdów*. 27th International Scientific Conference on Combustion Engines KONES 2001. Jastrzębia Góra 2001.
- [3] Environmental Protection Agency (EPA): *Control of Air Pollution from Motor Vehicles and New Motor Vehicle Engines; Modification of Federal On-board Diagnostic Regulations for Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks. Extension of Acceptance of California OBD II Requirements*. W: 40 CFR Part 86.
- [4] Environmental Protection Agency (EPA): *Control of Air Pollution from New Motor and New Motor Vehicle Engines; Regulations Requiring On-Board Diagnostic Systems on 1994 and later Model Year Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks*. W: 58 FR 9468, 1993-02-19.
- [5] Environmental Protection Agency (EPA): *EPA 420-B-00-001 Federal and California Exhaust and Evaporative Emission Standards for Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks Certification and Compliance Division*. Office of Air Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency, February 2000.
- [6] Ślęzak M.: *Eksploatacyjna efektywność działania systemu diagnostyki pokładowej samochodów (OBD)*. Politechnika Warszawska (Praca doktorska), Warszawa 2003.
- [7] Merkisz J., Rychter M., Ślęzak M.: *Opportunities of Diagnosing Car and Combustion Engine to Make use of System OBD II (EOBD)*. The Second Mediterranean Combustion Symposium. Sharm El-Sheikh (Egypt) 2002.
- [8] Docquier N., Lacas F., Candel S., Lenaerts S., Van de Voorde P.: *Optimal Operation of a Combined NOx/Oxygen Zirconia Sensor Under Lean Burn Conditions*. SAE Technical Paper Series 2000-01-1204.
- [9] Birnbaum R., Truglia J.: *OBD II Diagnostic Strategies*. Ralph Birnbaum and Jerry „G” Truglia, 2002.
- [10] Bendat J. S., Piersol A. G.: *Metody analizy i pomiaru sygnałów losowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
- [11] SAE J1978 – *OBD II Scan Tool*, 1994
- [12] Directive 98/69/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998 Relating to Measures to be Taken Against Air Pollution by Emissions from Motor Vehicles and Amending Council Directive 70/220/EEC. Official Journal L 350, 28/12/1998.