

Elementy wykonawcze wykorzystywane przez pokładowy system diagnostyczny

JERZY MERKISZ, MARCIN RYCHTER

Politechnika Poznańska
Instytut Silników Spalinowych i Podstaw Konstrukcji Maszyn

Jednym z zadań samodiagnostyki jest zminimalizowanie wydzielania przez silnik spalinowy substancji zanieczyszczających środowisko naturalne. Jednocześnie stanowi ona podstawę do stworzenia najlepszych warunków do najsprawniejszego działania silnika. Przez wiele lat dyrektywa dotycząca zasad funkcjonowania OBD II była udoskonalana, do warunków panujących obecnie, czego rezultatem jest obecnie działający system, a w niedalekiej przyszłości jego trzecia generacja — OBD III.

Warto podkreślić, że termin „OBD II” może być używany w literaturze albo w znaczeniu prawnym dla określenia zbiorów przepisów („norma lub regulacja OBD II”), albo w znaczeniu technicznym dla określenia urządzenia technicznego zrealizowanego zgodnie z wymogami normy („technologia lub system OBD II”).

Skróty i wyjaśnienia

CAN	<i>Controler Area Network</i> — układ kontrolujący pracę sieci
CCN	<i>Comprehensive Components Monitor</i> — monitor wszystkich elementów „elektrycznych” układu napędowego (np.: czujniki, zawory sterujące, przekaźniki itd.) podłączonych do centralnego modułu sterującego
CNS	Centrum Nadzoru Satelitarnego
CO	<i>Carbon monoxide</i> — tlenek węgla
CO ₂	<i>Carbon dioxide</i> — dwutlenek węgla
DLC	<i>Diagnostic Link Conector</i> — złącze pozyskiwania danych diagnostycznych
DTC	<i>Diagnostic Trouble Code</i> — diagnostyczne kody uszkodzeń
ECE	<i>Economic Commision for Europe</i> — Europejska Komisja Gospodarcza
ECU	<i>Electronic Control Unit</i> — elektroniczny układ sterowania
EEC	<i>European Economic Community</i> — Europejska Wspólnota Gospodarcza
EGR	<i>Exhaust Gas Recirculation</i> — recyrkulacja spalin
EOBD	<i>European On-Board Diagnostic</i> — europejski pokładowy system diagnozowania
EPA	<i>Environment Protection Agency</i> — Urząd Ochrony Środowiska w USA
EVAP	<i>Evaporative System</i> — System odprowadzania par paliwa z układu zasilania. Badanie szczelności tego systemu jest zadaniem jednego z ważnych monitorów OBD II
freeze frame	Ramka zamrożona (stop klatka). Zbiór wartości parametrów układu napędowego obserwowanych podczas wystąpienia uszkodzenia.
GPS	<i>Global Position System</i> — system lokalnej lokalizacji

GSM	<i>Global Systems for Mobile Communications</i> — infrastruktura telefonii mobilnej
HC	<i>Hydrocarbons</i> — węglowodory
HDV	<i>Heavy Duty Vehicle</i> — ciężki pojazd samochodowy
LDV	<i>Light Duty Vehicle</i> — lekki pojazd samochodowy
MIL	<i>Malfunction Indicator Light</i> — świetlny wskaźnik uszkodzenia
NEDC	<i>New European Driving Cycle</i> —
NO _x	<i>Nitrogen oxides</i> — tlenki azotu
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i> — termistor o ujemnym współczynniku
OBD I	<i>On-Board Diagnostic I</i> — pokładowy system diagnozowania pierwszej generacji
OBD II	<i>On-Board Diagnostic II</i> — pokładowy system diagnozowania drugiej generacji
OBD III	<i>On-Board Diagnostic III</i> — pokładowy system diagnozowania trzeciej generacji
PCM	<i>Powertrain Control Module</i> — centralny moduł sterowania układem napędowym
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> — modulacja szerokości impulsu
PM	<i>Particulate Matter</i> — cząstki stałe
PTC	<i>Pending Trouble Code</i> — kody powstających uszkodzeń, kody uszkodzeń, które zostały zauważone po raz pierwszy
PTC	<i>Positive Temperature Coefficient</i> — termistor o dodatnim współczynniku
SAE	<i>Society of Automativ Engineers</i> — Stowarzyszenie Inżynierów Samochodowych w USA
VPW	<i>Variable Pulse Width</i> — modulacja różnicowa szerokości impulsu

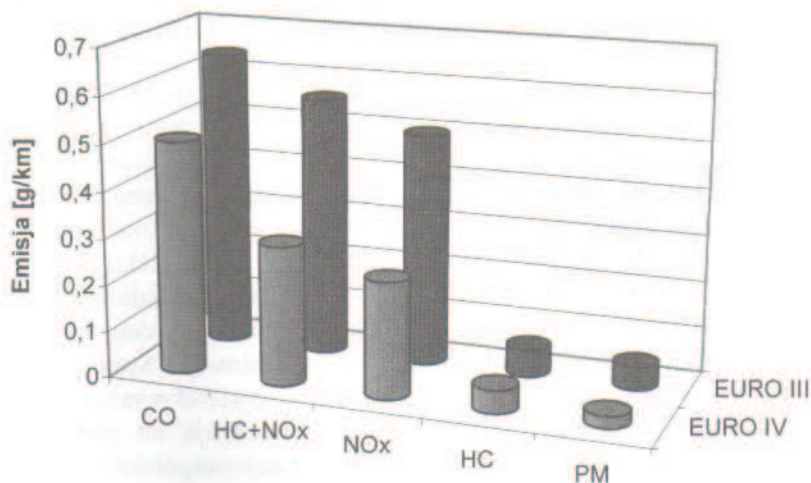
1. Wprowadzenie

Przewiduje się, że tłokowy silnik spalinowy w ciągu najbliższych lat będzie podstawowym źródłem napędu pojazdów oraz maszyn roboczych. Silnik spalinowy o dużej mocy i sprawności, oprócz właściwości ekologicznych i ekonomicznych powinien cechować się wymaganą niezawodnością i trwałością.

Postępująca degradacja środowiska naturalnego wymusiła wzrost zainteresowania sprawami ochrony środowiska przyrodniczego. Czynniki samochodowe, takie jak gwałtowny przyrost liczby pojazdów powodują globalny wzrost zużycia paliwa. Związana z rozwojem techniki, obserwowana od kilku dziesięcioleci w świecie, rewolucja techniczna powoduje coraz większe zapotrzebowanie na energię. Wyzwała to wiele zagrożeń, do których przede wszystkim należy zaliczyć skutki spalania wszelkiego rodzaju paliw. Rosnące wydobycie podstawowych surowców energetycznych (węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, uran itp.) i procesy związane z ich wykorzystaniem powodują poważne zagrożenie ekosystemu Ziemi antropogeniczną emisją szkodliwych związków.

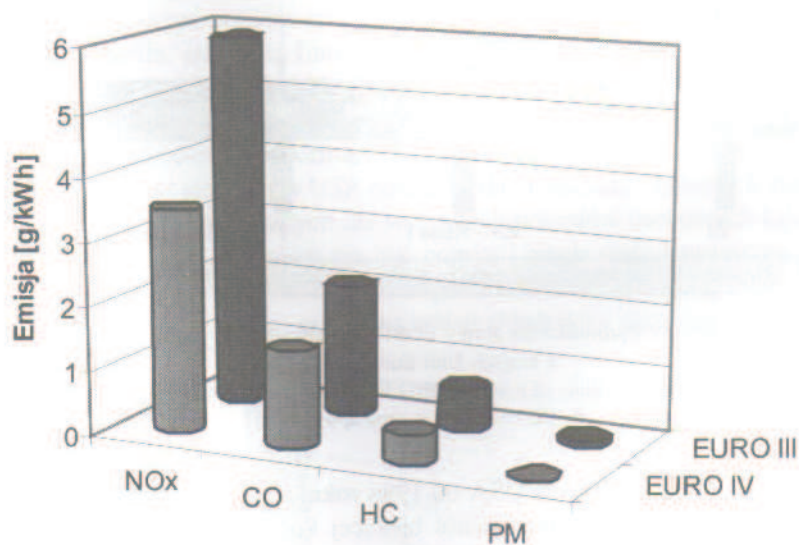
Na początku lat 50. naukowcy kalifornijscy po raz pierwszy dostrzegli, że na skażenie środowiska ma bardzo duży wpływ ruch pojazdów samochodowych. Z uwagi na ten fakt, agencje ochrony środowiska oraz koncerny samochodowe poszukują możliwości zmniejszenia emisji substancji szkodliwych. Wprowadza się stale ograniczenia prawne emisji CO, HC, PM, NO_x. Dla globalnego zmniejszenia skali problemu używa się coraz bardziej skomplikowanych modernizacji produkowanych obecnie samochodów.

W jakiś czas po wprowadzeniu w USA norm, dotyczących limitów poszczególnych składników toksycznych, prace nad ograniczeniem szkodliwej emisji z pojazdów samo-



Rys. 1. Limity toksyczności spalin dla LDV [2, 3, 4].

Fig. 1. EURO III and EURO IV legislation for light — duty vehicle [2, 3, 4].



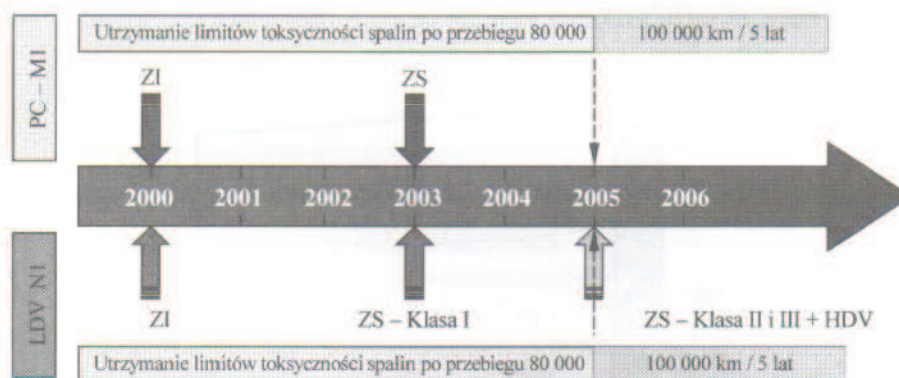
Rys. 2. Limity toksyczności spalin dla HDV [2, 3, 4].

Fig. 2. EURO III and EURO IV legislation for heavy — duty vehicle [2, 3, 4].

chodowych zostały zapoczątkowane w Europie przez Europejską Wspólnotę Gospodarczą — dyrektywy EEC i Europejską Komisję Gospodarczą ONZ — regulaminy ECE. W 1970 roku wydano Dyrektywę 70/220/EEC i Regulamin ECE R15 nakazujące badanie zanieczyszczeń w spalinach emitowanych przez samochody. Pojawiły się kolejne normy emisji — poziomy EURO I (1992), EURO II (1994), EURO III (2000) i przewidywany na początek XXI wieku EURO IV (rys. 1 i rys. 2).

Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniem jest obecnie jednym z priorytetowych kierunków prawnej ochrony środowiska na świecie. W ciągu najbliższych lat należy spodziewać się dalszego zaostrzania obowiązujących norm toksyczności spalin i wprowadzenia ograniczenia zużycia paliwa przez nowo rejestrowane samochody. Aby spełnić wymagania limitów emisji spalin (m.in. spełnienie ich po przebiegu 80 000 km — docelowo 100 000 km), niezbędne jest zapewnienie odpowiedniego stanu technicznego silnika oraz jego ciągłej kontroli.

Spełnienie rosnących wymagań wymusiło daleko idącą elektronizację silnika oraz integrację układu sterowania silnika z układami sterowania innych elementów pojazdu (przekładnia, ABS, Air Bag, klimatyzacja itp.), doprowadziło to do pojawienia się różnych systemów diagnostyki pokładowej. Systemy diagnostyki pokładowej: pierwszej OBD I, aktualnie używanej OBD II wraz z EOBD i mający się pojawić w najbliższych latach OBD III wskazują na podstawowe kierunki rozwoju elektronicznej diagnostyki pokładowej współczesnych samochodów (rys. 3).



Rys. 3. Projekt wprowadzenia normy EOBD dla samochodów osobowych i LDV w krajach Unii Europejskiej [5].

Fig. 3. Project introductions of norms EOBD for passenger cars and light duty vehicles in UE countries at type approval [5].

System OBD II obowiązuje w USA od 1996 roku, a w Europie od 1 stycznia 2000 r. Norma ta daje nieznaną dotąd możliwość bieżącej kontroli stanu samochodu, diagnostyki i naprawy pojazdów na stacjach kontroli pojazdów oraz oceny jakości usług naprawczych przez poszczególnych użytkowników.

Jednym ze sposobów ograniczenia emisji składników toksycznych jest ciągle nadzorowanie elementów silnika, pośrednio lub bezpośrednio, odpowiedzialnych za poziom emisji tych składników. Pierwszą instytucją, która podjęła to wyzwanie i określiła cele działania przyszłościowego była Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska — EPA.

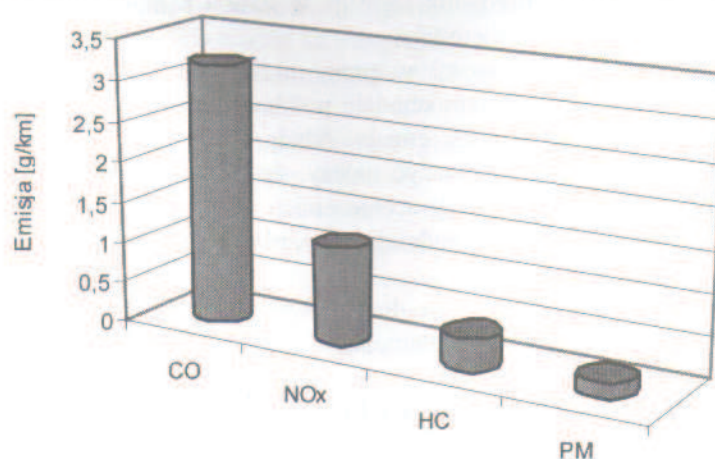
Pierwszy dokument zawierający podstawowe wymagania normy OBD II został opublikowany 19 lutego 1993 r. Cele jakimi kierował się ustawodawca można sformułować następująco [1]:

- zmniejszenie ogólnego poziomu emisji składników toksycznych spalin z transportu drogowego przy pomocy procedur wykrywania niesprawności w początkowej fazie jej wystąpienia,
- usprawnienie procesu diagnostyki i naprawy elementów, których uszkodzenie może spowodować zwiększoną emisję,
- skrócenie czasu pomiędzy wykryciem niesprawności a jej usunięciem,
- ujednoczenie procedur diagnostycznych oraz metod dostępu do informacji diagnostycznych,
- doprowadzenie do jednego zunifikowanego systemu diagnozowania,
- prawne zagwarantowanie wszystkim zainteresowanym stronom dostępu do informacji diagnostycznych oraz parametrów opisujących pracę układu napędowego.

Został już opracowany europejski odpowiednik dotyczący diagnostyki pokładowej — norma EOBD z 28 grudnia 1998 r. Parlament Unii Europejskiej opublikował Dyrektywę 98/69/CE dotyczącą kroków jakie należy przedsięwziąć w celu zmniejszenia zanieczyszczenia atmosfery przez pojazdy silnikowe. Dyrektywa dotyczy emisji spalin przy normalnej i niskiej temperaturze otoczenia, ustala także nakazy i konieczne próby niezbędne dla otrzymania homologacji oraz przewiduje, wśród innych działań, przyjęcie systemu diagnostyki pokładowej do stałej kontroli wszystkich elementów, które mogłyby zwiększyć poziom emisji spalin.

Dyrektywa określa, jak musi funkcjonować OBD z punktu widzenia technicznego, daty wprowadzenia dla różnych typów silników, wymagania odnośnie do oprzyrządowania diagnostycznego i testów homologacyjnych dotyczących OBD, ustala obowiązek upowszechnienia niezbędnych informacji technicznych.

Wprowadzona po raz pierwszy w USA norma OBD II nakłada obowiązek tworzenia pokładowych systemów diagnostycznych dla wszystkich pojazdów osobowych i dostawczych. Obligatoryjną funkcją tych systemów ma być pomiar i ciągłe nadzorowanie podstawowych parametrów układu napędowego, w tym także parametrów emisyjnie krytycznych, dla których zostały ustanowione wartości graniczne emisji składników toksycznych (rys. 4) [4, 5].



Rys. 4. Wartości progowe OBD II dla samochodów z silnikami ZS [5].

Fig. 4. OBD II threshold for vehicle with diesel engine [5].

Spełnienie założonych celów można było osiągnąć dzięki opracowaniu normy oraz nowej koncepcji diagnostyki pokładowej wykorzystującej nowatorską definicję uszkodzenie — awaria:

Za element niesprawny uważa się element, którego działanie może spowodować znaczny wzrost emisji związków szkodliwych z układu wylotowego lub zasilania w paliwo, przy czym jako znaczący uważa się w OBD II wzrost emisji ponad wartość dopuszczalną dla danego typu samochodu.

Definicja ta ma więc charakter jakościowo-ilościowy i do stwierdzenia faktu uszkodzenia konieczne jest wykonywanie, obok stosowanych w poprzednich systemach, procedur wykrywania niesprawnych elementów pomiarowych i wykonawczych na podstawie analizy sygnałów elektrycznych, także realizacja specjalnych testów emisyjnych podzespołów pojazdów. Ogólnie można więc powiedzieć, że system OBD II jest ukierunkowany emisyjnie i jego głównym zadaniem jest bieżący nadzór nad poziomem emisji związków toksycznych z układów: wylotowego i zasilania w paliwo [6, 7].

Prawdopodobnie w chwili wprowadzenia normy OBD II regulacje prawne zaczęły, jak nigdy dotychczas w historii motoryzacji tak mocno, ingerować w proces powstawania nowego pojazdu i to nie tylko na etapie jego konstruowania czy wytwarzania, ale także podczas eksploatacji. Nowe regulacje standaryzują w szerszym zakresie procedury diagnostyczne wszystkich elementów decydujących o emisji układu napędowego i dają podstawę do standaryzacji diagnostyki układów podwozia oraz nadwozia.

Spełnianie normy OBD II staje się wysokim wyzwaniem dla producentów pojazdów samochodowych, którzy oprócz walki z konkurencją o miejsce na rynku, muszą spełniać coraz ostrzejsze warunki uzyskania homologacji. Dążą oni do utrzymania norm czystości spalin przez coraz dłuższe okresy eksploatacji. W świetle normy za główne zadania diagnostyki pokładowej uznaje się:

1. Wykrywanie uszkodzeń, które mogą spowodować zniszczenie układów oczyszczających spalinę. Głównie chodzi o uszkodzenia, w których następstwem zniszczeniu ulegnie wkład katalityczny. Sterownik zapisuje w swojej pamięci określony kod błędu i informuje o tym uszkodzeniu kierowcę;

2. Wykrywanie nieprawidłowości w pracy układów i ocena, czy jeśli wykryta nieprawidłowość wystąpiłaby w samochodzie poddawany testowi drogowemu, stosowanemu przy homologacji, to czy emisja składników toksycznych przekroczyłaby przyjętą w programie normę. Zaznaczyć należy, że przyjęta w programie sterującym norma ma wartość obowiązującą przy ocenie emisji spalin podczas testu homologacyjnego, powiększoną o naddatek uwzględniający np. błąd oceny, zużycie podzespołów czy jakości paliwa;

3. Wykrywanie za małych lub za dużych wartości sygnałów, przerw lub zwarców w obwodach wszystkich czujników i elementów wykonawczych połączonych elektrycznie ze sterownikiem.

System OBD III, który docelowo ma być wprowadzony w USA w 2002 r., ma stosować kontrolę emisji pojazdów przez diagnostykę OBD II oraz automatyczne powiadamianie odpowiednich służb oraz wprowadzić nowe regulacje prawne związane z automatycznym wykrywaniem i identyfikacją pojazdów niesprawnych.

Trudno dziś mówić jeszcze o wymaganiach normy OBD III, wiadomo jednak, że ustawodawcom nadal szczególnie zależeć będzie na skutecznym wycofaniu z ruchu pojazdów uszkodzonych w sensie emisyjnym. W tym celu obiecujące wydaje się wprowadzenie normy jako systemu metod i środków telemetrycznego wykrywania uszkodzeń emisyjnych pojazdów w czasie ich eksploatacji. W dobie nadchodzącej ery pojazdów „inteligentnych”, systemy te mają szansę szybkiego rozwoju. Duże nakłady finansowe przeznaczone na liczne programy badawcze przynieść mają poprawę sytuacji na drogach przez wdrożenie technik informacyjnych, telekomunikacyjnych i robotyki. Efektem rozwoju budowy pojazdu „inteligentnego” będą:

- poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- zwiększenie efektywności jazdy,
- poprawa ekonomiki jazdy,
- zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko.

Na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki testowany jest już system telemetryczny zbudowany przez GM Huges Electronics, którego zasada funkcjonowania polega na przesyłaniu przez poruszający się pojazd pakietu informacji diagnostycznej z komputera pokładowego do stojących przy autostradzie identyfikatorów. Transmisja odbywa się drogą radiową i rozpoczyna się pod wpływem sygnału samochodu. Kontrolowany pojazd wysyła w zbiorze informacji między innymi siedemnastocyfrowy numer identyfikacyjny oraz dane diagnostyczne systemu OBD (kody błędów).

System charakteryzuje niska moc przesyłanych sygnałów i zdolność pobierania oraz analizowania na bieżąco informacji z ośmiopasmowego strumienia pojazdów poruszających się z prędkością do 100 mil/h. Informacje identyfikujące pojazd, lokalizujące go i określające rodzaj uszkodzenia muszą wpływać do instytucji odpowiedzialnej za motoryzacyjne skażenie środowiska w czasie bliskim wystąpienia awarii. Do tego celu mogą służyć znane i działające już w naszym kraju systemy satelitarnego nadzoru pojazdów GPS. Już dziś firmy posługujące się systemem GPS w połączeniu z telefonią komórkową GSM proponują wiele usług w zakresie nadzorowania komunikacji samochodowej. Oczywiście główne zastosowanie systemu polega na odnajdywaniu pojazdów kradzionych, ale poza tym świadczone są usługi jak:

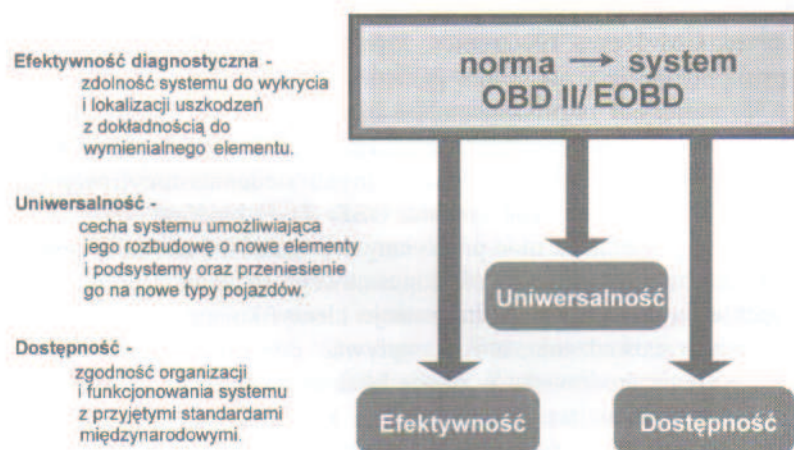
- ciągłe śledzenie pojazdu przez operatora CNS,
- podgląd wnętrza samochodu,
- automatyczne powiadamianie CNS w przypadku np. próby włamania do pojazdu lub opuszczenia zaprogramowanej trasy przejazdu,
- zdalne włączanie sygnałów alarmowych pojazdu,
- zdalne zablokowanie centralnego zamka drzwi,
- dwustronną komunikację pomiędzy dyspozytorem a kierowcą za pomocą telefaksu,
- wykonanie raportów o pracy kierowcy i pojazdu,
- przekazywanie z samochodu do CNS informacji dotyczących pojazdu takich, jak prędkość, temperatura silnika, zużycie paliwa.

Szczególnie ostatnia usługa wskazuje na możliwość rychłego wykorzystania systemu GPS do zastosowań OBD III. Działanie tego systemu na usługach OBD III odbywać się będzie na zasadzie, że pojazd, który został wyłączony z ruchu przez własny system OBD III jest najpierw lokalizowany i identyfikowany.

Są to przykłady rozwiązań, których funkcje rozpoczną już z początkiem XXI wieku, ale czas oczywiście przyniesie wiele innych nowych koncepcji, dla których bodźcem będzie szybki postęp w telekomunikacji i informatyce.

2. Pokładowy system diagnostyczny OBD II/EOBD

Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) w 1996 r. nałożyła obowiązek na wszystkie samochody osobowe i dostawcze wprowadzone na rynek amerykański, począwszy od modeli 1996 roku. Wymagania te przyjęły formę systemu monitorującego nazwanego pokładowym systemem monitorującym (rys. 5). Celem systemu jest informowanie kierowcy o wystąpieniu awarii elementów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo, a zwłaszcza emisję spalin.

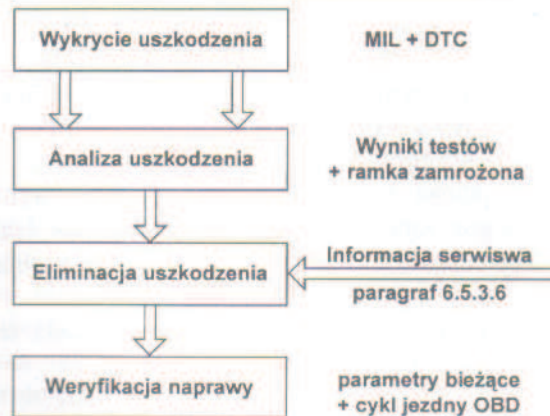


Rys. 5. Cechy systemu OBD II [8].
Fig. 5. Characteristic of OBD II system [8].

W zakresie standaryzacji norma ta niemal bazuje, w całości, na zaleceniach SAE. Najbardziej istotne elementy tej standaryzacji zostały zawarte w następujących publikacjach:

- J 1930 — wspólne terminy i skróty do określania krytycznie emisyjnych elementów dla wszystkich wytwórców sprzedających samochody w USA,
- J 1962 — wspólczesne złącze transmisji danych diagnostycznych DLC i jego położenie w samochodzie,
- J 1979 — wspólny czytnik informacji diagnostycznych (SAE Scan Tool),
- J 2190 — tryby pracy systemu diagnostycznego,
- J 2012 — wspólne oznaczenie niesprawności DTC,
- J 1850 — protokół transmisji danych pomiędzy komputerem pokładowym a czytnikiem informacji diagnostycznej CAN.

Najważniejszym elementem systemu jest możliwość wykrycia usterki w początkowej fazie jej wystąpienia np. zmniejszenie konwersji składników toksycznych spalin



Rys. 6. Powiązanie pomiędzy wykryciem uszkodzenia, a weryfikacją naprawy w systemie OBD II [8].

Fig. 6. Connection between detect failure and verification of repair in OBD II system [8].

przez reaktor katalityczny (rys. 6). Umożliwia wykrycie usterek będących głównymi czynnikami zwiększonej emisji spalin, takich jak [8]:

- wypadanie zapłonów, które wpływa na emisję węglowodorów,
- sprawność konwersji reaktora katalitycznego,
- nieszczelność systemu paliwowego,
- nieprawidłowe działanie układów elektronicznych i czujników sterujących poszczególnymi systemami silnika pojazdu.

Wprowadzenie wymogu stosowania EOBD w przepisach EURO III stanowi większe utrudnienie dla producentów samochodów, od spełnienia wymagań tylko zaostrzonych limitów emisji w nowym cyklu jezdny NEDC, ponieważ wiąże się to z koniecznością [1, 9, 10]:

- rzeczywistego zapewniania spełniania tych limitów przez minimum 80000 km przebiegu,
- wykrywanie nieprawidłowości w działaniu elementów wpływających na emisję,
- wprowadzenie nowej generacji szybkich mikroprocesorów 32 – bitowych w ECU oraz wprowadzenia nowych czujników.

Jednym z podstawowych pojęć używanych w systemach diagnostyki pokładowej jest „monitor”, które oznacza procedurę diagnostyczną centralnego komputera sterującego, realizowaną środkami sprzętowymi i programowymi, w celu identyfikacji poprawności pracy danego elementu albo funkcji układu pojazdu samochodowego. Monitor powinien przechowywać także wyniki testów i podejmować decyzję o powiadamianiu wystąpienia uszkodzenia. Monitory diagnostyczne w systemach OBD II skupiają się na wykrywaniu uszkodzeń elementów lub podsystemów wpływających na emisję z układu wylotowego lub zasilania.

W systemie OBD II, każdy monitor obsługuje tylko jeden wpływający na emisję element lub podsystem. Stąd liczba zastosowanych w danym pojeździe monitorów zależy od typu silnika oraz od poziomu rozbudowy systemu kontroli emisji. Wyróżnia się monitory [11, 12] (rys. 7):

- ciągle — monitory, które obsługują elementy i podzespoły, które mogą być kontrolowane na bieżąco w czasie jazdy i ich testowanie może nastąpić bez wpływu na działanie pozostałych monitorów, np. proces spalania paliwa w silniku,

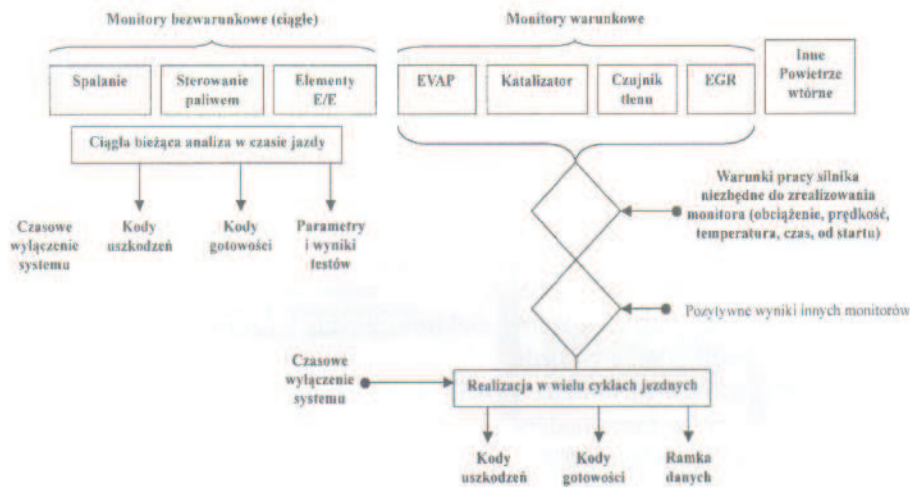
— warunkowe — monitory, w których identyfikacja uszkodzeń wymaga dłuższego czasu obserwacji w warunkach cyklu jezdny, np. kontrola pracy katalizatora.

Operacje monitora są wykonywane przy zastosowaniu następujących testów [12]:

— test bierny — wykonywany na bieżąco w czasie jazdy samochodu bez ingerencji programu diagnostycznego w pracę układu napędowego,

— test aktywny — polega na przesłaniu do elementu wymuszenia o zadanej wielkości, na które znana jest reakcja; przeprowadza rzeczywiste działanie w chwili, gdy jest wykonywana funkcja diagnostyczna; stosowany jest gdy pojawił się negatywny wynik testu biernego,

— diagnostyka intruzywna — stosowany jeżeli odpowiedź testu aktywnego nie pokrywa się z oczekiwaną.



Rys. 7. Klasyfikacja monitorów diagnostycznych systemu OBD II [11].

Fig. 7. Classification of diagnosing monitor of OBD II system [11].

Za wybór warunków odpowiednich dla pracy monitora odpowiedzialny jest producent pojazdu. Normy amerykańskie i europejskie wprowadzają jedynie wymaganie, że warunki te powinny się pojawiać co najmniej raz w prawnie obowiązującym emisyjnym cyklu. Wymóg ten dotyczy wszystkich monitorów warunkowych [11–13]. Jest to bardzo ważne wymaganie, ponieważ dzięki temu można ocenić (np. podczas badań homologacyjnych) poprawność działania systemu OBD II na podstawie tylko dwu kolejno po sobie wykonanych cykli jezdnych.

Wszystkie monitory systemu są realizowane w każdych warunkach jezdnych z pracującym silnikiem, z wyjątkiem przewidzianych normą dwóch sytuacji, w których może nastąpić zablokowanie całego systemu diagnostyki pokładowej:

— ekstremalne warunki klimatyczne, które występują (w myśl normy OBD II) gdy temperatura otoczenia podczas rozruchu silnika jest niższa niż 7°C lub gdy pojazd znajduje się na wysokości większej niż 2500 m n.p.m.,

— praca dodatkowych urządzeń pobierających moc z silnika w pojazdach wyposażonych w takie urządzenia.

Wynikiem zrealizowania do końca monitora są kody wykrytych symptomów uszkodzenia (jeżeli monitor zakończy się wynikiem negatywnym), stałe kalibracyjne monitora (w tym progi decyzyjne) głównych parametrów diagnostycznych oraz wyniki oceny przez monitor wartości aktualnych parametrów diagnostycznych.

Norma OBD II przewiduje konieczność zaimplementowania ogółem jedenastu monitorów, w tym trzech działających w sposób ciągły i ośmiu uruchamianych w czasie gdy układ napędowy pracuje w określonych przez normę warunkach eksploatacyjnych. Pierwszym etapem monitorów są monitory bezwarunkowe, natomiast drugim typem są monitory warunkowe. Monitorami bezwarunkowymi objęte są następujące układy i procesy układu napędowego:

- proces spalania paliwa w silniku (wykrywanie braku spalania w cylindrach),
- elementy układu paliwowego,
- elementy bezpośrednio i pośrednio połączone z komputerem centralnym (*Comprehensive Components*).

3. Sposoby komunikowania się systemu OBD II/EOBD

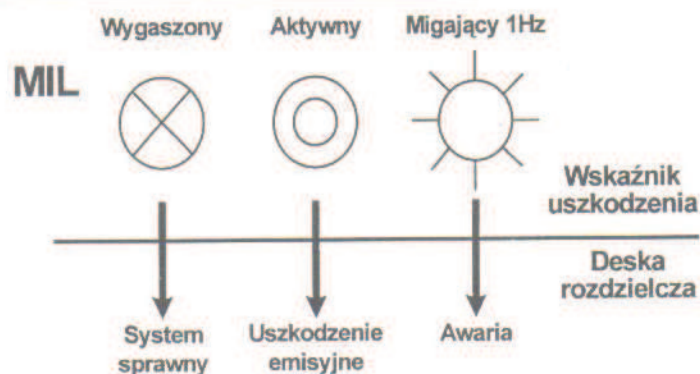
Sygnalizacja uszkodzenia pełni w diagnostyce pokładowej kluczową funkcję. Jej zadaniem jest informowanie użytkownika głównie o zakłóceniach prowadzących do przekroczenia emisji spalin przez pojazd. W przeciwieństwie do znanej z pierwszych systemów diagnostyki kontrolki „*Check-Engine*”, w której przypadku producenci według własnego uznania stosowali różne warunki zapalania lampki, w nowym systemie procedura włączania i wyłączania wskaźnika musi być zgodna ze ściśle zdefiniowanymi wymogami.

W celu sprecyzowania zasad komunikowania się systemu OBD II z użytkownikiem, ustawodawcy zatwierdzili następujące zasady, które w tej kwestii powinny spełnić producenci samochodów z nowymi systemami [8]:

- w przypadku wskaźnika MIL dla wszystkich jego znormalizowanych stanów pracy sygnał powinien być wyraźny i łatwy do rozpoznania przez prowadzącego pojazd,
- wskaźnik musi znajdować się w zasięgu wzroku kierowcy,
- producenci mają swobodę wyboru typu sygnalizacji; sygnał akustyczny MI lub optyczny MIL,
- w stanie aktywacji wskaźnik MIL powinien podświetlać symbol silnika określony w normie ISO 2575,
- przy włączonym zapłonie i nie uruchomionym silniku musi być przeprowadzona kontrola działania wskaźnika MIL,
- w sygnalizacji wskaźnikiem MIL używanie światła o barwie czerwonej jest zabronione, można używać tylko wskaźnik koloru żółtego.

Podstawowym stanem jest, że lampka MIL nie świeci się. Stan ten zachodzi w sytuacjach, gdy (rys. 8):

- silnik pracuje i zapłon jest włączony,
- silnik pracuje i w sterowniku jest zapamiętany kod lub kody błędów, ale program sterownika ocenia, że:



Rys. 8. Informacja diagnostyczna systemu OBD II [8].

Fig. 8. Diagnosis information about OBD II system [8].

- niesprawność, która na pewno wystąpiła, nie ma większego wpływu na emisję składników toksycznych lub nie powoduje dalszych uszkodzeń,

- niesprawność, która wystąpiła, może powstać w okolicznościach przypadkowych i nie zostały spełnione warunki niezbędne, aby lampka MIL zaświeciła się.

Lampka MIL może świecić się światłem ciągłym. Ten stan ma miejsce w dwóch sytuacjach:

- silnik nie pracuje, ale zapłon jest włączony, ma to na celu kontrolę aktywności lampki MIL,

- silnik pracuje i w pamięci sterownika jest zapamiętany potwierdzony kod błędu, informujący o następujących niesprawnościach:

- niesprawność ta powoduje przekroczenie ponad wartość dopuszczalną emisję składników toksycznych,

- uszkodzenie czujników lub elementów wykonawczych, sterujących pracą silnika lub automatycznej skrzyni biegów,

- spadek niesprawności katalizatora wskutek zestarzenia,

- układ sterowania silnika lub skrzyni biegów pracuje według procedury awaryjnej (wystąpił brak lub nieprawdziwa wartość jakiegoś sygnału – układ pracuje dalej, ale wartość tego sygnału jest założona przez sterownik lub jest obliczana w sposób zastępczy),

- nieszczelność w układzie odprowadzania oparów paliw.

Sygnal ciągły informuje zatem o poważnym uszkodzeniu nie ulegającym „samonaprawie” i wymagającym interwencji służb serwisowych. Zgodnie z normą, wskaźnik powinien zapalać się światłem ciągłym po dwóch występujących po sobie cyklach jezdnych (przez cykl jazdy rozumie się okres obejmujący rozruch silnika, fazę jazdy podczas której stwierdzany jest błąd oraz wyłączenie silnika). Gaśnięcie następuje z kolei po trzech kolejnych cyklach, podczas których sterownik (po wykonaniu odpowiednich procedur testowych) nie stwierdza więcej błęd. Kierowca zatem może być jeszcze ostrzegany przypadkowo występującymi stanami ciągłego świecenia, związanymi z czasowo występującymi uszkodzeniami.

Lampka MIL może migać. Ma to miejsce, gdy silnik pracuje i wystąpi niesprawność, która może doprowadzić do uszkodzenia katalizatora, np. wypadanie zapłonu. Urządzenie sterujące wykrywa błąd zapłonu, przy pomocy odpowiedniego czujnika. Jeżeli lampka miga, kierowca powinien przerwać jazdę, a niesprawność musi być usunięta przez serwis. Ignorowanie tego stanu grozi zniszczeniem kosztownego układu oczyszczania spalin, podczas gdy przyczyną niesprawności może być np. świeca lub inna mniej kosztowna usterka.

Złącze diagnostyczne wiąże się z określonym w normie OBD II pojęciem „dostępu” pod którym rozumie się dostępność danych diagnostyki pokładowej. Dotyczy to wszystkich kodów usterek przechowywanych do celów kontroli, serwisu i naprawy części pojazdu związanych z emisją spalin. Norma nakazuje przede wszystkim, aby dostęp do tych informacji był nieograniczony i znormalizowany. Zgodnie z tymi założeniami, pojazdy wyposażone w diagnostykę pokładową powinny mieć takie samo złącze – gniazdo diagnostyczne, w którym poszczególne wyprowadzenia – piny mają takie samo znaczenie. Dostępna także powinna być informacja o odległości przebytej drogi przez pojazd od momentu aktywacji MIL.

W 1994 r. w Stanach Zjednoczonych Ameryki wprowadzono jednolity system samodiagnozy, a w pojazdach zaczęto stosować gniazdo diagnostyczne CARB.

W opracowanej normie DIN ISO 9141 – 2 zostały przyjęte:

- złącze diagnostyczne,
- opis urządzenia diagnostycznego,
- definicja kodów błęd.

Po wprowadzeniu diagnostyki pokładowej w państwach Unii Europejskiej, producenci stosują złącza podobne do złącza CARB. Obecnie każdy pojazd może mieć jeden ze standardów transmisji danych, z których każde może wykorzystywać inne konektory złącza w gnieździe. Dlatego przeznaczenie pinów gniazda można podzielić na trzy grupy:

1. Piny 7 i 15 lub 2 i 10 umożliwiają przesyłanie ogólnodostępnych danych, dotyczących wszystkich układów, mających wpływ na emisję składników toksycznych spalin, czyli układów sterujących silnikiem oraz kodów błędów automatycznej skrzyni biegów. Do tych informacji powinien mieć dostęp każdy serwis wyposażony w urządzenie typu Scan Tool. Piny 7 i 15 realizują przesył danych zgodnie z normą DIN ISO 9141 – 2, a piny 2 i 10 lub tylko 10 zgodnie z normą SAE J1850.

2. Piny 1, 3, 6, 9, 11–14 – przynależności tych konektorów nie ustalają normy. Mogą być wykorzystane do przesyłania informacji z innych podsystemów pojazdu jak np. ABS itp. Dostępu do tych informacji prawdopodobnie nie będą miały niezależne serwisy, gdyż norma OBD II nie nakazuje producentom przekazywania tych danych – będzie to tylko decyzja producentów.

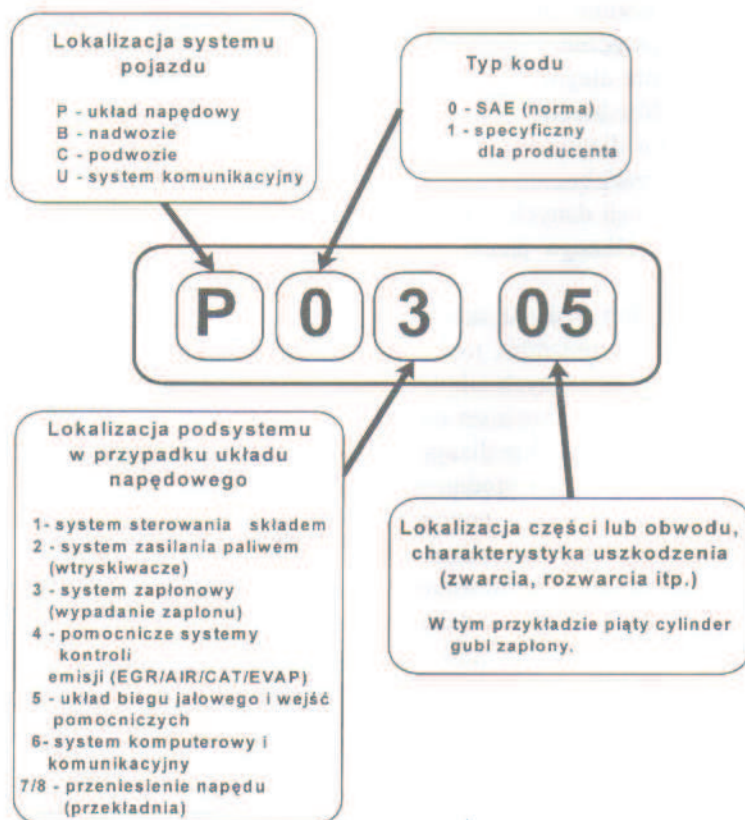
3. Piny 4, 5, 16 mają następujące przeznaczenie: 4 – masa nadwozia samochodu, 5 – masa dla sygnałów i 16 – elektroda dodatnia akumulatora pojazdu.

Złącze diagnostyczne powinno być umieszczone w odległości 0,5 m od koła kierownicy (według normy amerykańskiej). Złącze diagnostyczne ma umożliwić przede wszystkim pośrednictwo w wymianie informacji między pokładowym systemem sterującym a zewnętrznym urządzeniem diagnostycznym. Komunikacja ta jest obustronna i przebiega w oparciu o wymianę sygnałów cyfrowych.

W technice motoryzacyjnej kody błęd pojawiły się wraz z pierwszymi układami elektronicznego sterowania wtrysku i zapłonu. Z uwagi na fakt, że od momentu wprowadzenia tych układów do chwili obecnej nie wprowadzono ogólnego elektrycznego i logicznego standardu transmisji danych, spotyka się w pojazdach wiele układów posługujących się zróżnicowanymi systemami kodyfikowania błędów.

W nowoczesnych pojazdach kodowanie sygnałów nie jest stosowane tylko w celu diagnostyki, ale znane są inne zastosowania. Norma OBD II narzuca konieczność zapisywania kodów wskazujących stan systemu kontroli emisji. Oddzielne kody są stosowane w celu poprawnego opisanie pracy systemów kontroli emisji oraz działania tych systemów, których ocena może być przeprowadzona jedynie w trakcie użytkowania pojazdu.

Norma SAE J2012 określa strukturę i format wyświetlanych tekstów opisujących usterki, wprowadza wspólne oznaczenia niesprawności. W przekazywaniu informacji o usterkach wykorzystuje się pięciorzamienny system kodowania. [5, 6] Oznacza to, że pełna cyfrowa informacja służąca do zidentyfikowania rodzaju usterki jest kodem alfa-numerycznym (rys. 9).



Rys. 9. Kod uszkodzenia [15].

Fig. 9. Anatomy of Diagnostic Trouble Code [15].

W diagnostyce pokładowej, zgodnie z tym co przyjęto w OBD II, funkcjonuje podział kodów na dwie grupy ze względu na warunki zapisywania w pamięci:

— prawdopodobne kody błędów, określane też czasowymi – informują o niesprawnościach, które wystąpiły, ale np. tylko raz lub na krótki okres czasu, dlatego program sterujący „stwierdza”, że mogły one być spowodowane przypadkowymi czynnikami,

— potwierdzone kody błędów – informują o niesprawnościach, które wystąpiły np. dwa razy w tym samych warunkach pracy lub występują trwale, dlatego program uznaje je za faktycznie istniejące.

Prawdopodobny kod błędu może zostać przekwalifikowany przez jednostkę sterującą na potwierdzony kod, jeżeli program „stwierdzi”, że uszkodzenie jest trwałe.

Serwis może odczytać prawdopodobne i potwierdzone kody. Kody prawdopodobne mogą być wskazówką, że jakaś nieprawidłowość wystąpiła i można profilaktycznie sprawdzić dany podzespół. Taka sytuacja związana jest ze sporadycznie występującymi uszkodzeniami, które występują i znikają cyklicznie w sposób nagły, co jest charakterystyczne dla np. złączy o „niepewnym” kontakcie. Użytkownik powinien być powiadamiany wskaźnikiem MIL tylko o uszkodzeniach, które spowodowały zapisanie potwierdzonych kodów błędów. Może zdarzyć się taka sytuacja, że kod błędu został zapisany w sterowniku i został uaktywniony wskaźnik MIL, jednak niesprawność samoistnie znika (błąd przypadkowy). Jeśli niesprawność ta nie wystąpiła ponownie, np. podczas kilku kolejnych cykli, to sterownik sam kasuje kod informujący o tej niesprawności — jest to funkcja tak zwanego samousunięcia kodu. Dodatkowo norma podkreśla konieczność rejestracji dystansu przebytego przez pojazd od momentu wykrycia defektu i zapamiętania kodu błędu, po to by kierowcy wywiązywali się z obowiązku usunięcia defektu zaraz po jego wystąpieniu. System może usunąć kod błędu, informacje o przebytej odległości oraz „zamrożoną ramkę”, jeśli ten sam defekt nie jest powtórnie rejestrowany w czasie co najmniej 40 cykli rozgrzewania się silnika [4].

W większości nowych pojazdów odłączenie zasilania od jednostki sterującej nie powoduje usunięcia kodu usterki z pamięci. Tak więc po odczytaniu kodu, zlokalizowaniu i usunięciu uszkodzenia należy skasować kod z pamięci sterownika. Po skasowaniu zarejestrowanych w systemie informacji diagnostycznych z pamięci centralnej, rejestrowany kod jest charakterystycznym kodem braku gotowości P1000 oznaczającym, że monitory systemu nie są w stanie gotowości.

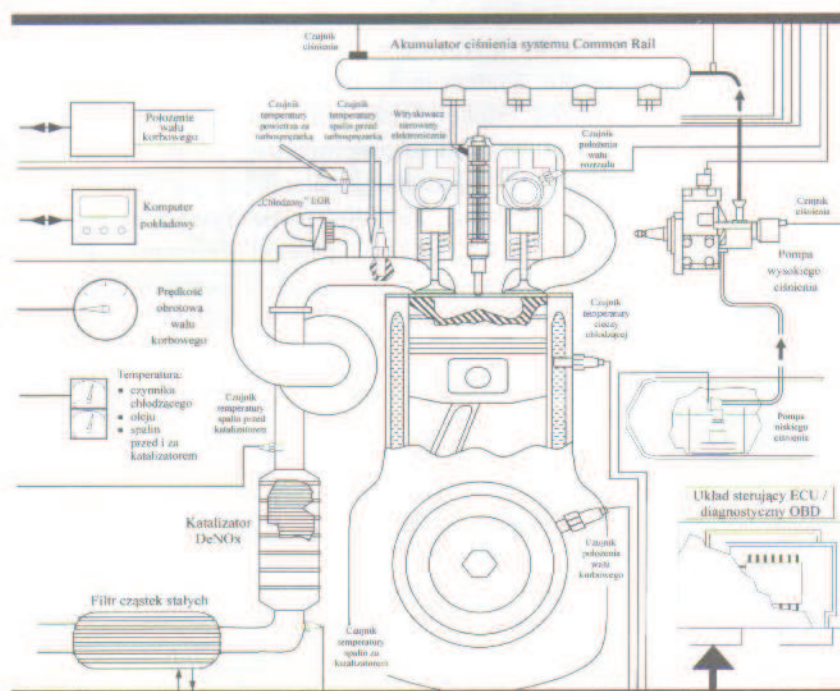
Pod względem stopnia zagrożenia zwiększenia emisji uszkodzenia można podzielić na dwie kategorie A i B:

— Typ A — uszkodzenie bardziej niebezpieczne — w tej grupie znajdują się błędy najbardziej przyczyniające się do zwiększenia emisji. W przypadku tych uszkodzeń, już pierwsze ich wykrycie uaktywnia sygnalizację wskaźnikiem MIL i powoduje zapamiętanie odpowiedniego kodu błędu.

— Typ B — błędy również wpływające na zwiększenie emisji, lecz w mniejszym stopniu niż w grupie A. W przypadku uszkodzeń z klasy B wskaźnik MIL jest uaktywniany po wykryciu tego samego uszkodzenia w dwóch kolejnych cyklach. Przy czym po wykryciu w pierwszym cyklu zapamiętany jest czasowy kod błędu, a po drugim kod czasowy zastępowany jest kodem wyjściowym.

4. Wybrane elementy układu diagnostycznego

Do sterowania układem napędowym w nowoczesnych pojazdach, jak i do przeprowadzania procedur diagnozowania, potrzebna jest duża liczba informacji o stanie silnika oraz warunkach jego pracy (rys. 10). Do określenia stanu technicznego urządzeń mechanicznych lub warunków ich pracy coraz częściej stosuje się elektryczne urządzenia pomiarowe, tzw. czujniki. W urządzeniach tych następuje proces zamiany zmierzonych wielkości mechanicznych, takich jak np.: ciśnienie, drgania, objętość, gęstość, prędkość, przyspieszenie, a także temperatura na wielkości elektryczne, jak np.: napięcie, częstotliwość, natężenie, rezystancja, itp. Coraz powszechniejsze stosowanie elektrycznych urządzeń pomiarowych w motoryzacji (ale nie tylko) wynika z łatwości i wierności przekazywania sygnałów elektrycznych. Elektryczny sposób przekazywania sygnałów jest też cechuje mniejszą bezwładność niż inne układy (mechaniczne, pneumatyczne czy hydrauliczne) i odznacza się małym poborem mocy ze źródła. Należy jednak zauważyć, że zamiana wielkości mechanicznych na elektryczne bywa niekiedy dosyć trudna. Niektóre układy mechaniczne są bardzo odporne na takie postępowanie i próba wyrażenia jednej wielkości za pomocą drugiej wymaga zastosowania bardzo pomysłowych i dosyć skomplikowanych rozwiązań. Zdarza się także, że otrzymywanie na bieżącą niektórych danych jest praktycznie niemożliwe. Przykładem może być próba stałego pomiaru ciśnienia sprężania w cylindrach silnika.



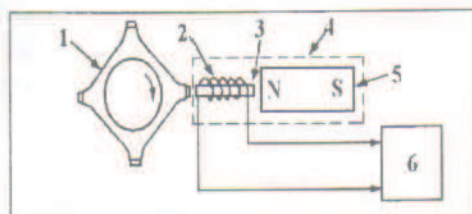
Rys. 10. Schemat kontroli pracy silnika o zapłonie samoczynnym wraz z układem diagnostycznym [16, 17].

Fig. 10. Diagram of working control diesel engine with OBD II system [16, 17].

4.1. Czujnik prędkości pojazdu

Czujnik ten określa na bieżąco prędkość z jaką porusza się pojazd i wysyła sygnały napięciowe do centralnego modułu sterowania układem napędowym. Sygnały te służą do regulacji prędkości biegu jałowego silnika oraz są jednym z parametrów potrzebnych do korekcji wielkości dostarczanej dawki paliwa, w zależności od prędkości jazdy i obciążenia. Prawidłowy sygnał z czujnika prędkości jazdy pojazdu jest także niezbędny do rozpoczęcia większości procedur diagnozowania. Najczęściej stosowane są dwa rodzaje tego typu czujników:

- elektromagnetyczne,
- z mostkiem magnetycznym.



Rys. 11. Schemat budowy czujnika prędkości jazdy z przetwornikiem elektromagnetycznym [18]
 1 — wirnik, 2 — cewka, 3 — rdzeń, 4 — czujnik prędkości, 5 — magnes, 6 — PCM silnika.

Fig. 11. Diagram of vehicle speed sensor with electromagnetic converter [18]

1 — rotor, 2 — solenoid, 3 — core, 4 — speed sensor, 5 — magnet, 6 — PCM of engine.

Czujnik taki instalowany jest w skrzyni biegów i mierzy prędkość obrotową wałka głównego (wyjściowego) (rys. 11). Składa się on z magnesu stałego, cewki oraz rdzenia. Na wałku głównym skrzyni biegów jest zainstalowany wirnik z czterema zębami. Obracający się wałek główny powoduje, że odległość między rdzeniem cewki a wirnikiem zmienia się. Za rdzeniem umieszczony jest magnes, który wytwarza pole magnetyczne. Ząb wirnika, który znajduje się dokładnie naprzeciwko rdzenia powoduje rozproszenie pola magnetycznego i jednocześnie wzmacnia strumień magnetyczny w szczelinie pomiędzy rdzeniem a zębem wirnika. Przestrzeń pomiędzy zębami wirnika powoduje natomiast osłabienie tego strumienia. Zmiany strumienia magnetycznego powodują powstawanie w cewce prądu zmiennego. Powstające napięcie przemienne jest wprost proporcjonalne do prędkości obrotowej wirnika. Wielkość napięcia świadczy więc o prędkości obrotowej wałka głównego skrzyni biegów, a ta może służyć do określania prędkości pojazdu [18].

Czujnik prędkości jazdy z mostkiem magnetycznym jest także montowany w skrzyni biegów. Źródłem jego napędu jest wałek główny sprzęgnięty z nim za pomocą przekładni. Czujnik taki składa się z hybrydowego układu scalonego z wbudowanym mostkiem magnetycznym oraz pierścieniem magnetycznym.

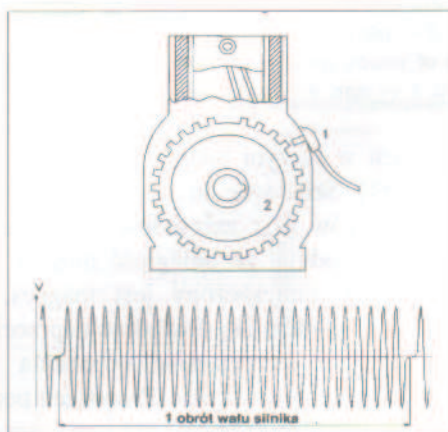
Zasada działania czujnika prędkości jazdy z mostkiem magnetycznym jest następująca. W wyniku wirowania magnesów przymocowanych do pierścienia magnetycznego kierunek linii sił pola magnetycznego jest zmieniany. W wyniku tego sygnał napięciowy na wyjściu z mostka magnetycznego jest przebiegiem przemiennym. Kom-

parator w czujniku zmienia przebieg przemienny w sygnał cyfrowy, odwracany przy pomocy tranzystora przed wysłaniem do centralnego sterownika. Częstotliwość przebiegu jest zależna od liczby biegunów magnesu.

Istnieją dwa rodzaje pierścienia magnetycznego: o dwudziestu i o czterech biegunach magnetycznych. Pierwszy generuje przebieg o dwudziestu okresach (20 impulsów na każdy obrót pierścienia magnetycznego), drugi odpowiednio mniej.

4.2. Czujnik prędkości obrotowej silnika i położenia wału korbowego

Wielu producentów używa tylko jednego czujnika do uzyskania informacji zarówno o prędkości obrotowej silnika (dokładniej prędkości obrotowej wału korbowego) jak i pozycji wału korbowego. Daje to bowiem oszczędności, zarówno w zakresie okablowania jak i komponentów. Zasada działania takiego czujnika jest praktycznie taka sama jak elektromagnetycznego czujnika prędkości pojazdu opisanego w podrozdziale 4.1. Drobną różnicą polega w zasadzie tylko na budowie tarczy, z którą czujnik taki współpracuje. Ma większą liczbę równomiernie rozmieszczonych zębów z charakterystyczną większą „przerwą” (spowodowaną np.: brakiem jednego takiego zęba), która wskazuje czujnikowi GMP (górny martwy punkt) jednego z cylindrów (rys. 12).



Rys. 12. Czujnik prędkości obrotowej i położenia wału korbowego [18].

Fig. 12. Rotational speed and position of crankshaft sensor [18].

Czujnik ma otoczony cewką rdzeń, wykonany z miękkiej stali, który oddziela tylko wąska szczelina powietrza od obracającej się razem z kołem zamachowym tarczy zębatej. Rdzeń ten jest połączony z magnesem stałym, którego pole magnetyczne wnika do wnętrza materiału ferromagnetycznej tarczy zębatej. Ząb tarczy, który znajduje się bezpośrednio naprzeciwko czujnika, rozprasza pole magnetyczne i jednocześnie wzmacnia strumień magnetyczny w szczelinie powietrza. Przestrzeń między zębami natomiast osłabia strumień. Te dwa stany zmieniają się regularnie podczas obrotu tarczy. Zmiany strumienia magnetycznego powodują, zgodnie z zasadą indukcji, powstanie siły elektromotorycznej (napięcia) w uzwojeniu czujnika. Wartość tej siły jest proporcjonalna do

prędkości obrotowej tarczy, zatem jej pomiar umożliwia określenie prędkości obrotowej wału korbowego. Na jeden przesuwany się ząb przypada jeden wytworzony przez czujnik impuls wyjściowy, którego wielkość jest zależna od prędkości obrotowej, wielkości szczeliny powietrznej, kształtu zęba oraz rodzaju zastosowanych materiałów elementu wirującego. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej wzrasta częstotliwość oraz amplituda sygnału wyjściowego. Większa szczelina między zębami tarczy powoduje zmniejszenie częstotliwości sygnału i świadczy, że wał korbowy wykonał pełen obrót oraz umożliwia określenie położenia wału korbowego.

Uszkodzenie czujnika prędkości obrotowej i położenia wału korbowego może spowodować nieprawidłową pracę silnika (nieprawidłowy kąt wyprzedzenia wtrysku), a w układach, które nie mogą wykorzystać innych sygnałów, do określenia położenia wału korbowego. Uszkodzenie takie jest wtedy zarejestrowane przez CCM i następuje włączenie wskaźnika MIL. Zidentyfikowanie usterki jest wtedy możliwe po podłączeniu skanera diagnostycznego.

4.3. Czujnik ciśnienia

Przebieg ciśnienia w cylindrze silnika jest jednym z ważniejszych parametrów opisujących proces spalania w silniku, a tym samym stan techniczny silnika i jego podzespołów. Zastosowanie układu pomiarowego do indykowania, działającego w trybie ciągłym, umożliwia wykorzystanie systemu diagnostycznego w każdym cyklu spalania, nie tylko do oceny prawidłowości działania silnika, ale także do jego sterowania. System ten może umożliwić optymalizację sterowania silnika, reagując natychmiastowo na chwilowe zmiany w jego pracy. Wykorzystując informację o przebiegu ciśnienia można sterować parametrami pracy pojedynczego cylindra (np. dobór dawki i kąta wyprzedzenia wtrysku). Sygnał z czujnika ciśnienia w cylindrze może być podstawową informacją wykorzystywaną w procesie sterowania silnika, jednocześnie może on zastąpić sygnały pochodzące z innych czujników, wykorzystywanych w procesie sterowania. Kontrolowanie tych czujników byłoby wówczas realizowane w określonych warunkach lub co pewien czas [19].

Tabela 1. Parametry czujników z włóknem optoelektronicznym [19].

Table 1. Parameters of fiber optic pressure sensors [19].

Parametr	Wartość parametru
Zakres ciśnienia roboczego	(0–200) MPa
Błąd liniowości	± 1%
Częstotliwość reakcji	(0,1+30) Hz
Minimalna średnica czujnika	1,7 mm
Zakres temperatury pracy osadzonego czujnika	(–40+350)°C
Zakres temperatury pracy elementów optoelektronicznych	(–40+135)°C
Sygnał pomiarowy	(0,5+5) V
Czas pracy	500×10 ⁶ cykli

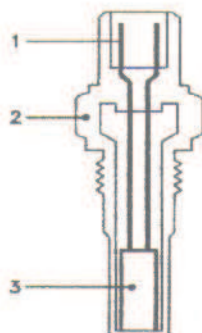
Realizację ciągłego pomiaru ciśnienia w cylindrze umożliwiają m. in. czujniki z włóknem optoelektrycznym firmy OPTRAND (tab. 1). Są one przeznaczone do pomiaru ciśnień szybkozmiennych, charakteryzujących się dużymi maksymalnymi wartościami (do 200 MPa) i możliwością pracy w wysokich temperaturach. Dodatkową zaletą czujników optycznych jest stosunkowo niski koszt. Cechy te powodują, że w przyszłości czujniki te mogą znaleźć szerokie zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym.

Czujniki te mogą być także wykorzystane do pomiaru ciśnień w układzie wtryskowym paliwa. Stwarza to duże możliwości wykorzystania takiego sygnału w systemach diagnostyki układu wtryskowego. Stosunkowo nieduże wymiary czujnika umożliwiają jego zabudowę w niemal dowolnym miejscu układu, również we wtryskiwaczu.

4.4. Czujnik temperatury czynnika chłodzącego

W instalacjach elektrycznych pojazdów do pomiaru temperatury używa się czujników termistorowych, których zasada działania polega na zmianie rezystancji elementu pomiarowego (termistora) pod wpływem zmian temperatury mierzonego ośrodka. Termistor jest to element wykonany z utlenionego niklu, kobaltu, magnezu, żelaza lub miedzi stanowiących stop tych metali uzyskany w bardzo wysokiej temperaturze. Może on charakteryzować się tym większą opornością im wyższa jest temperatura, wówczas mówimy o termistorze z dodatnim współczynnikiem temperaturowym, określanym jako PTC lub spadkiem rezystancji w miarę wzrostu temperatury, wówczas mamy do czynienia z termistorem z ujemnym współczynnikiem temperaturowym, określanym jako NTC. W pojazdach częściej stosuje się czujniki temperatury z termistorami NTC (rys. 13).

Termistory PTC i NTC są elementami biernymi i nie emitują żadnego sygnału. Są zasilane ze źródła napięcia i powodują w obwodzie, do którego są włączone, zmiany mierzonego napięcia prądu. Materiały typu NTC to na ogół półprzewodniki. Temperatura wpływa na strukturę materiału, oddzielając ładunki elektryczne, które mogą się wtedy swobodnie poruszać. Przejawia się to wówczas zmniejszeniem rezystancji przy wzroście temperatury.



Rys. 13. Czujnik temperatury czynnika chłodzącego silnik [20]

1 — złącze elektryczne, 2 — obudowa, 3 — termistor.

Fig. 13. Temperature of cooling factor sensor [20]

1 — electrical connector, 2 — housing, 3 — thermistor.

Tabela 2. Zależności rezystancji termistora NTC od temperatury [21].
 Table 2. Effective resistance of NTC thermistor versus temperature [21].

Temperatura czynnika chłodzącego [°C]	Napięcie [V]	Rezystancja [kΩ]
-10	4,4	7,0–11,4
20	3,5	2,1–2,9
50	2,2	0,6–1,0
90	0,9	0,23–0,26

Zasada działania czujnika temperatury czynnika chłodzącego jest następująca. Jeżeli temperatura płynu chłodzącego silnik jest niska, wówczas rezystancja czujnika jest wysoka, powodując duży spadek napięcia za nim. Sygnał świadczący o niskim napięciu jest przekazywany poprzez obwód do centralnego modułu sterowania silnikiem, powodując zwiększoną wielkość wtryskiwanej dawki paliwa oraz zwiększone otwarcie przepustnicy, co poprawia właściwości trakcyjne zimnego silnika. W przypadku wysokiej temperatury płynu chłodzącego działanie jest odwrotne. Sygnał z czujnika temperatury jest też niezbędny do rozpoczęcia praktycznie wszystkich procedur monitorowania opisanych w rozdziale czwartym (poza monitorem wtórnego powietrza). Uszkodzenie czujnika temperatury płynu chłodzącego silnik zarejestrowane przez CCM spowoduje, że system nie przeprowadzi monitorowania żadnego z układów silnika.

5. Podsumowanie

Normy dotyczące układów diagnostyki pokładowej pojazdów samochodowych, podobnie jak limity emisji substancji toksycznych, warunkują w znacznym stopniu obecny rozwój pojazdów samochodowych. Bez wątpienia norma OBD II stanowi ogromny krok naprzód w zakresie systemów diagnostyki i jest jednocześnie kolejnym elementem kompleksowych działań, mających na celu zmniejszenie oddziaływania pojazdów samochodowych na środowisko naturalne.

Jako niewątpliwie zalety systemu OBDII wymienić należy:

- monitorowanie pracy układów wpływających w sposób pośredni i bezpośredni na emisję substancji toksycznych przez pojazd,
- zabezpieczenie pojazdu przed modyfikacjami wpływającymi na toksyczność spalin,
- natychmiastowa detekcja i informacja kierowcy (w przyszłości również służb ochrony środowiska) o przekroczeniu dopuszczalnych poziomów emisji przez pojazd,
- wysoka czułość i niezawodność systemu,
- powszechny dostęp do informacji diagnostycznych, również dla indywidualnych użytkowników pojazdów,
- możliwość w pewnym sensie przejęcia przez system OBD zadań realizowanych przez stacje dokonujące okresowych kontroli pojazdów.

Do wad układu OBD II niewątpliwie należą: wzrost ceny i komplikacji pojazdu (konieczność wprowadzenia nowych czujników i systemów kontrolnych).

Ogólnie można stwierdzić, że przed wprowadzeniem OBD szczegółowa analiza stanu technicznego całego silnika była utrudniona, możliwa tylko w dobrze wyposażonych autoryzowanych serwisach ze względu na wysokie koszty systemów diagnostycznych i problemy z dostępnością do oprogramowania poszczególnych producentów. Emisja związków toksycznych była w znacznym stopniu niekontrolowana, mimo dużych wysiłków na etapie projektowania i produkcji. Producent ponosił odpowiedzialność za poziom emisji w zasadzie tylko do bram fabryki.

Wprowadzenie OBD spowodowało, że ocena stanu technicznego silnika (a stopniowo całego pojazdu) stała się łatwiejsza, tańsza i bardziej wiarygodna. Odpowiedzialność producentów za stan techniczny całego pojazdu dotyczy już praktycznie całego okresu eksploatacji. Wpłyne to niewątpliwie pozytywnie na stan środowiska naturalnego. Problemem pozostaje tylko wymiana znacznych ilości dotychczas użytkowanych pojazdów, których emisja spalin jest nawet kilkadziesiąt razy większa niż tych z diagnostyką pokładową. Możliwe, że w najbliższym czasie trzeba będzie stworzyć mechanizmy prawno-ekonomiczne w celu wymuszenia lub zachęcenia użytkowników do wymiany pojazdów.

Przesyłanie danych pomiędzy urządzeniem diagnostycznym, a systemem OBD II jest realizowane za pomocą jednego z czterech protokołów: PWM i VPW opisanych normą SAE J1850 oraz opisanych normami ISO 9141-2 oraz ISO/DIS 14230-4. Producenci samochodów są zobowiązani do zastosowania jednego z wyżej wymienionych interfejsów do komunikacji pomiędzy systemem OBD II i urządzeniem diagnostycznym. W samochodach koncernu FORD stosowany jest standard PWM, w samochodach pochodzących z GENERAL MOTORS — VPW, w Europie obowiązują standardy: ISO 9141-2 i ISO14230-4 (Keyword Protocol 2000).

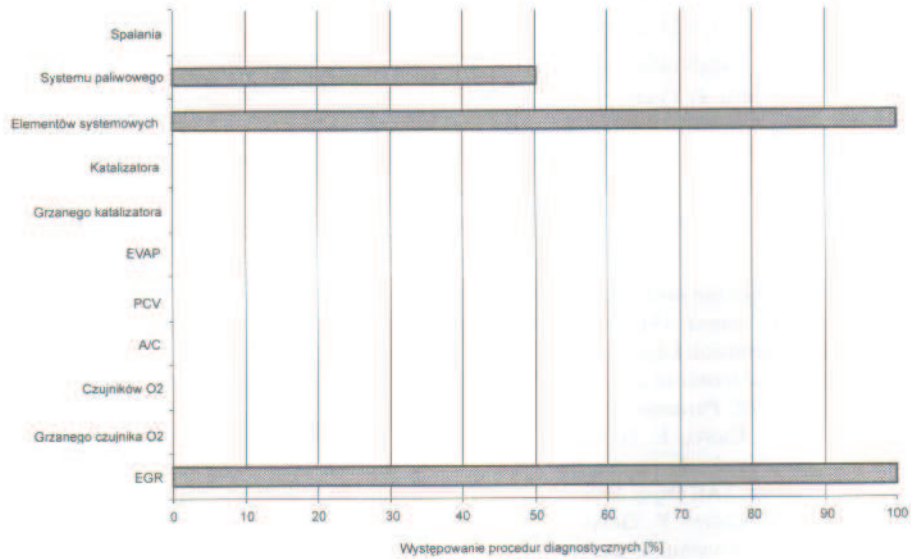
Na rynku polskim jest dostępnych wiele urządzeń spełniających wymogi normy OBD, także produkcji krajowej. Przykładowe egzemplarze urządzeń zostały opisane poniżej oraz zostały zaprojektowane zgodnie z obowiązującymi normami w Unii Europejskiej i w USA (firma AUTOMEX).

AMX530 — programowa wersja czytnika rodzajowego SAE, zawiera kabel OBD II z przetwornikiem pokładowych standardów komunikacyjnych na standard RS232 oraz oprogramowanie na komputer PC umożliwiające odczyt i wizualizację informacji diagnostycznych z systemu, sterowanie systemem zarządzania układem napędowym, a także dużą bazę o uszkodzeniach i pojazdach.

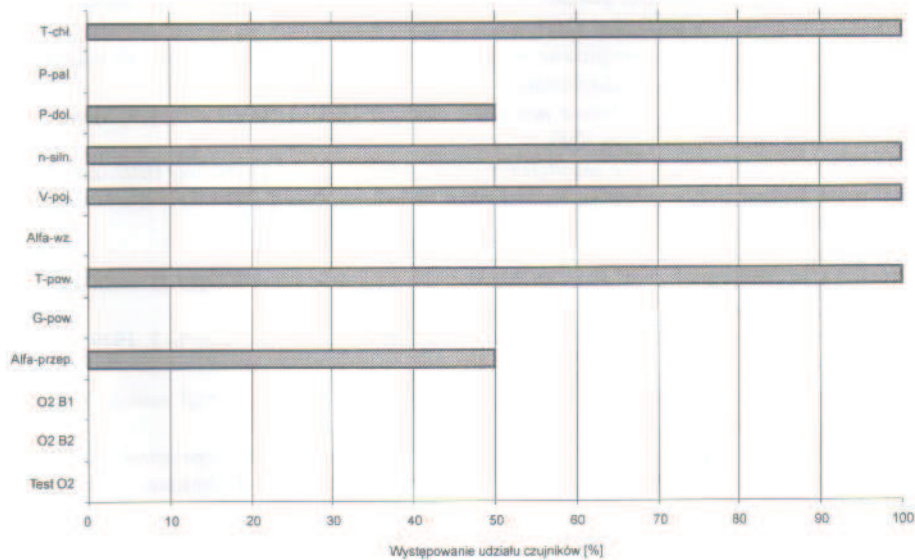
AMX550 — sprzętowy skaner systemu OBD II o rozbudowanych funkcjach i bazie danych (ang. „*enhanced scan tool*”). Obudowa „*hand-held*” z dużym wyświetlaczem graficznym i wbudowanym czytnikiem kodu. Oprócz wymaganych standardem SAE funkcji diagnostycznych umożliwia rejestrację parametrów podczas jazdy. Przyrząd stanowi doskonałe narzędzie do wszechstronnego testowania pojazdów w procesie wykrywania uszkodzeń i weryfikacji przeprowadzonych napraw. Zapewnia także graficzną prezentację wyników monitorów diagnostycznych systemu OBD II. Oznacza to między innymi, że urządzenia automatycznie identyfikują, który z czterech obowiązujących standardów transmisji informacji diagnostycznych został zastosowany w danym

samochodzie i automatycznie nawiązują transmisję. Przyrządy te przeszły wszechstronne testy przy diagnostyce zarówno samochodów amerykańskich produkowanych w latach 1996-1999, jak i nowych aut marek europejskich i azjatyckich.

Z wyników przeprowadzonych badań można wysnuć następujące wnioski (rys. 14 i 15):



Rys. 14. Monitory zaimplementowane w pojazdach z silnikami ZS.
Fig. 14. Present diagnostic procedure in testing cars with diesel engine.



Rys. 15. Czujniki pojazdów z silnikami ZS.
Fig. 15. Sensor for vehicles in diesel engine.

— we wszystkich badanych samochodach systemy OBD II (EOBD) pracowały poprawnie (zgodnie z technicznymi wymaganiami norm, różny był natomiast poziom implementacji pokładowych systemów diagnostycznych, określony przez ilość realizowanych procedur diagnostycznych, tzw. monitorów),

— stwierdzono wyjątkowo praktyczną użyteczność pokładowych systemów diagnostycznych przy lokalizacji uszkodzeń oraz weryfikacji i poprawności dokonywanych napraw,

— obserwowane uszkodzenia identyfikowane zarejestrowanymi kodami uszkodzeń dotyczyły głównie elementów wykonawczych, które z natury swojej funkcji w systemie ulegają najszybszemu zużyciu.

Literatura

- [1] J. MERKISZ: *Ekologiczne problemy silników spalinyowych*, WPP Poznań 1999.
- [2] *Diesel emissions control AVL List GmbH*, Graz 2000, AVL Consulting & Information: Current and Future Exhaust Emission Legislation. AVL List GmbH, Graz 10.2000.
- [3] *W. Mazurek: Systemy diagnostyczne i emisje silników samochodowych*, Wyd. PTT, Warszawa 2000.
- [4] Dyrektywa 98/69/EC Parlamentu i Rady Europy 13.10.1998.
- [5] A. CARACENI, V. CIOFFI, F. GAROFALO, A. SENATORE, G. VITTORIOSO, C. BARBERIO, G. SAROGLIA: *Emission control technologies for EU Stage IV + EOBD on Small Cars (Part I): Pre-screening of Potential Solutions*. SAE Paper 1999-01-0775.
- [6] A. CARACENI, V. CIOFFI, F. GAROFALO, A. SENATORE, G. VITTORIOSO, C. BARBERIO, G. SAROGLIA: *Emission control technologies for EU Stage IV + EOBD on Small Cars (Part II): Endurance Fleets Management*. SAE Paper 1999-01-1332.
- [7] J. MERKISZ, S. MAZUREK: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych – podstawowe cele i wymagania normy OBD II*, Journal of Kones'99, Zakopane 1999.
- [8] J. MERKISZ: *System diagnostyki pokładowej OBD II/EOBD jako narzędzie oceny stanu technicznego pojazdów*, Diagnostyka a BRG, str. 37-57, 25.05.2001 Poznań.
- [9] W. GIS, J. MERKISZ: *Techniczno-prawne wymagania normy OBD i EOBD w świetle obowiązującego i planowanego ustawodawstwa*. Eksploatacja i Niezawodność 5/2000. Lublin 2000.
- [10] S. MAZUREK, J. MERKISZ: *Podstawowe procedury diagnostyczne i strategie decyzyjne systemu OBD II*. Journal of Kones., Warsaw-Lublin 2000.
- [11] J. MERKISZ, M. ŚLĘZAK: *Wybrane zagadnienia dotyczące diagnostyki pokładowej OBD*, Zeszyty Naukowe Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Samochodów Małolitrażowych BOSMAL w Bielsku-Białej. Bielsko-Biała 2000.
- [12] www.obdii.com.pl
- [13] J. MERKISZ, M. RYCHTER, M. ŚLĘZAK: *Możliwości wykorzystania systemu OBD II w silnikach spalinyowych w celach wojskowych*, SILWOJ 2001, Jurata 2001.
- [14] S. MYSZKOWSKI: *Kontrola elementów i układów silnika*, Auto Moto Serwis, nr 1-2, 1999.
- [15] www.obdii.com
- [16] J. MERKISZ, J. PIELECHA: *Systemy diagnostyki pokładowej a przepisy emisji spalin*, V Sympozjum Naukowe AUTOMA-SIL, Poznań 1999.
- [17] J. MERKISZ, M. RYCHTER, P. LJEWski: *Diagnozowanie układu wtryskowego silnika ZS w aspekcie wprowadzenia normy OBD II*, III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna — Pojazd a Środowisko, str. 331-344, Radom 2001.
- [18] *Czujniki i elementy wykonawcze*. Auto Elektro nr 1-4/2000; 5/2001.
- [19] www.optrand.com
- [20] BOSCH: *Sensoren*. Program handlowy, 92/93.
- [21] NISSAN: *Engine control system*, Section EC

Sensors and actuators used by the on board diagnostic system

S u m m a r y

Self-diagnostic is to minimise the volume of substances generated by the combustion engines polluting the natural environment. Self-diagnostic is the basis for creating the best conditions for the most effective operation of the engine. The first rules of on board diagnostic were published in 1981. The standard had been improved in the next years, until the condition of today and also in the future, which result is presently used OBD II system, and in the close future – OBD III.