Jerzy MERKISZ
Marcin RYCHTER

SYSTEM OBD II JAKO PRZYSZŁE SPOSOBY DIAGNOZOWANIA POJAZDÓW

OBD II SYSTEM AS A FUTURE DIAGNOSTIC METHODS OF VEHICLES

W poniższym artykule zostały przedstawione ogólne informacje oraz zagadnienia związane z diagnozowaniem samochodów w systemie ciągłym. Opisuje także wykorzystywane w tym celu urządzenia służące do odczytywania informacji z systemu OBD II.

Słowa kluczowe: diagnostyka, silnik, pojazd

This paper describes On Board Diagnostics II. The control process of each car's elements, which determine the level of toxic exhaust components, are described here. OBD II standard introduce in the United States of America - the World standard since 2000 for motor-car and delivery vehicle puts on the obligation made the new diagnostic systems by the vehicle producer. Measurement and on-line monitoring the basic parameter as the power train should be the obligatory function of these systems.

Keywords: diagnostic, engine, vehicle

1. Wprowadzenie

W drugiej połowie dwudziestego wieku nastąpił ogromny rozwój motoryzacji, nie tylko w dziedzinie konstruowania pojazdów, ale także w zakresie elektroniki i elektrotechniki samochodowej. W tym okresie nastąpił także bardzo duży wzrost produkcji, a co za tym idzie sprzedaży samochodów osobowych, dostawczych i ciężarowych, nie tyko w Europie, ale także w Polsce.

Dwadzieścia lat temu przewidywano iż nie będzie następowało zmniejszenie stosowanych silników o ZS do małych samochodów osobowych i dostawczych. W ciągu ostatnich dziesięciu lat mogliśmy zaobserwować zjawisko całkowicie odwrotne. Zalety silnika wysokoprężnego oraz rozwój komputerowego sterowania silnikiem powoduje dynamiczny wzrost ilości pojazdów napędzanych silnikami wysokoprężnymi. Dzięki takim zaletom jak: niższe zużycie paliwa, duża trwałość, niezawodność, które spowodowały, że w prawie 100 % samochodów ciężarowych i autobusów stosowany jest taki właśnie silnik. W przypadku samochodów dostawczych w 1995 roku, sprzedaż tej gamy samochodów z silnikiem ZS wyniosła 90 % we Francji oraz 95 % w Wielkiej Brytanii w stosunku do całości sprzedanych samochodów z tego segmentu (rys. 1) [1].

Wzrost liczby pojazdów na świecie spowodował znaczny wzrost emisji składników toksycznych spalin. Z uwagi na rosnące skażenie środowiska, agencje

1. Introducing

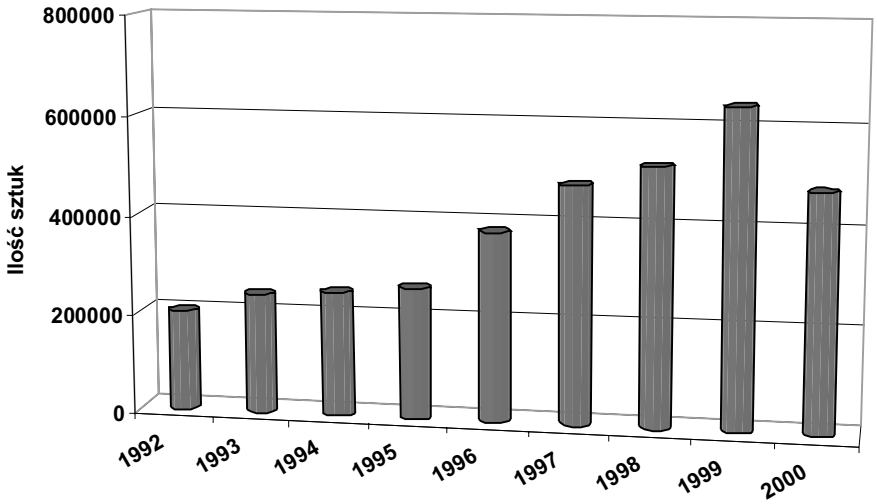
The motorization has largely developed in the second half of twentieth century not only in the field of vehicles designing, but also in the field of electronics and vehicle electronics. Enormous production increase took place in that time, and consequently increased production and sale of vehicles in Europe, specially in Poland.

It was forecasted 20 years ago that there would be no reduction in number of diesel engines used in passenger and delivery vehicles. In the course of the last 10 years we could observe quite opposite phenomenon. The advantages of diesel engine and development of engine computer control causes dynamic growth of quantity of vehicles with diesel engines. Thanks to advantages as: lower fuel consumption, high durability, reliability, 100% of trucks and buses use such kind of engine. In case of delivery vehicles, sales in 1995 of vehicles with diesel engine constituted 90% in France and 95% in Great Britain in comparison to whole sales volume of vehicles in this segment (fig. 1) [1].

The increase of number of vehicles in the world has caused growth of toxic emission. Because of growing environment pollution, the agencies of environmental protection and automotive concerns are searching for the possibilities of emission reduction of

ochrony środowiska oraz koncerny samochodowe poszukują możliwości zmniejszenia emisji substancji szkodliwych będących wynikiem spalania paliw węglowodorowych. Dla globalnego zmniejszenia skali problemu używa się coraz bardziej skomplikowanych modernizacji produkowanych obecnie samochodów. Silnik spalinowy jest na razie najpopularniejszym źródłem napędu stosowanym w samochodach.

harmful substances being result of hydrocarbon fuels combustion. More and more complicated modernisation of presently produced vehicles is performed for the global problem reduction.



Rys. 1. Sprzedaż samochodów osobowych w Polsce [2]
Fig. 1. Sells of passenger cars in Poland [2]

2. Wprowadzenie do diagnostyki pokładowej

Jednym ze sposobów ograniczenia emisji składników toksycznych jest ciągłe nadzorowanie elementów silnika, pośrednio lub bezpośrednio, odpowiedzialnych za poziom emisji tych składników. Wprowadzenie tych wymogów spowodowało utworzenie definicji samodiagnostyki:

Układ samodiagnostyki porównuje wartości sygnałów z obwodów elektronicznego urządzenia sterującego z wartościami kontrolnymi. Jeżeli wartość sygnału rzeczywistego nie odpowiada wartości kontrolnej, to w pamięci urządzenia sterującego jest zapisywany kod usterki.

W 1981 roku zostały opublikowane pierwsze zasady diagnostyki pokładowej. W następnych latach norma ta była udoskonalana, do warunków panujących obecnie, a także w przyszłości czego rezultatem jest obecnie działający system OBD II (*On Board Diagnostic*), a w niedalekiej przyszłości jako OBD III.

System pokładowego diagnozowania - OBD II znajduje się w większości samochodów osobowych oraz dostawczych użytkowanych na drogach USA. Idea ta zrodziła się na przełomie lat 70-tych i 80-tych. Była podyktowana chęcią kontrolowania funkcji silnika oraz diagnozowania związanych z tym podzespołów.

2. Introduce to on board diagnostic

One of the methods to reduce emission of toxic components is continuous control over engine elements that are directly or indirectly responsible for level of emission of these components. Introduction of these requirements caused creation of the self-diagnostic definition and utilising innovation definition self-diagnostic:

Self-diagnostic system comparing value of signals from circuit of electronic control device with control values. If the real signal value does not comply with control value, the memory of the control devices records the error code.

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.

On-board diagnostic system – OBD II is present in most passenger and utility vehicles in USA; the idea originated on the turn of 70-ties and 80-ties. It was dictated by the willingness to control engine functions and to diagnose related subassemblies.

Jako historyczny okres rozwoju pokładowych systemów diagnostycznych można traktować czas od momentu wprowadzenia pierwszych sterowanych komputerowo systemów zapłonowo-wtryskowych, tzn. koniec lat 70., do roku 1994 (rys. 2), w którym z dwuletnim okresem przystosowawczym zaczęto wprowadzać normy OBDII. W okresie tym diagnostyka pokładowa była realizowana przez moduł kontrolno-pomiarowy silnika ECM (*Engine Control Module*) i polegała na bieżącym testowaniu czujników, elementów wykonawczych układu wtryskowo-zapłonowego i samej jednostki sterującej.

Wszystkie urządzenia diagnostyczne zostały zaprojektowane zgodnie z głównym celem normy OBD II, czyli**:** jedno złącze – jeden przewód – jeden przyrząd diagnostyczny – wszystkie dane diagnostyczne teraz i w przyszłości.

System pokładowy OBD II, którego założenia zostały opublikowane przez EPA (*Environment Protection Agency*)**,** jest dalszym rozwinięciem OBD I. Najważniejsze zmiany jakie wówczas zaszły to [3]:

- dodatkowe funkcje kontrolki MIL (*Malfunction Indicator Light*) na tablicy rozdzielczej,
- nadzorowanie funkcji i elementów zorientowane na wykrywanie usterek, ale również na skład spalin,
- obok błędów muszą być zapamiętywane także warunki pracy silnika przez tzw. „freeze frame" – „*zamrożoną ramkę*",
- odczyt pamięci błędów musi być dokonywany za pomocą urządzenia diagnostycznego (tester usterek) odczytującego kody błędu z ECU (*Engine Control Unit*).

Przy wykrywaniu niesprawności tych elementów wykonywano proste testy na zwarcia i otwarte pętle w obwodach oraz porównywanie poziomów i własności dynamicznych sygnałów pomiarowych z wartościami oczekiwanymi. Ujemny wynik testu zapisywano w module układu sterującego w postaci kodu niesprawności i sygnalizowano wskaźnikiem świetlnym „sprawdź silnik" widocznym z miejsca kierowcy. Kody błędów oraz bieżące wartości parametrów mierzonych i zmiennych sterujących mogły być odczytywane za pomocą zewnętrznych (pozapokładowych) narzędzi diagnostycznych, którymi były specjalizowano czytniki (skanery) lub odpowiednio oprogramowane komputery osobiste. Z perspektywy czasu można stwierdzić, że pierwsze pokładowe systemy diagnostyczne umożliwiały diagnostykę samego systemu wtryskowo-zapłonowego, nie dokonywały jednak oceny własności funkcjonalnych i emisyjnych pojazdu. Przykładowo: pojazd, w którym reaktor katalityczny uległ zużyciu, co powodowało oczywisty niedopuszczalny wzrost emisji, był uważany za sprawny jeśli system pokładowy nie wykrył usterek kontrolowanych przez siebie elementów.

The time from the moment of implementation of the first computer-operated power systems, that it is from the end of the 70's until year 1994 (fig. 2) when the OBD II norms were being implemented with a two-year assimilation period can be considered the historical phase of the evolution of the on-board diagnosis systems. During that time the diagnostics were carried out by an engine control-measuring module ECM (*Engine Control Module*). It was based on continuous testing of the sensors, active elements of the power systems and the steering entity in itself.

All the diagnostic devices have been designed according to main goal of the OBD standard, i.e.: one connector – one cable – one device – all diagnostic data now and in the future.

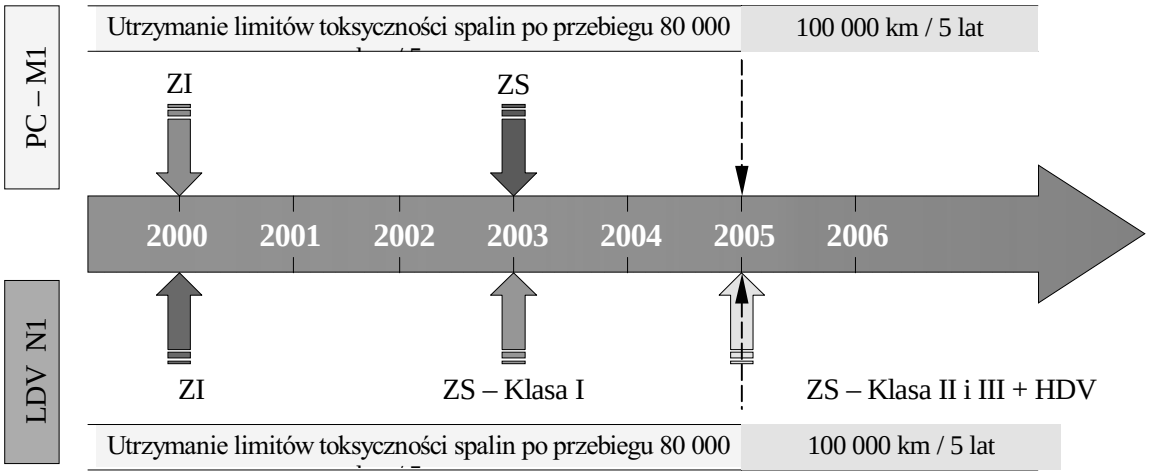
On-board system OBD II, which assumptions have been published by EPA is the

further development of OBD I. The most important changes are [3]:

- additional functions of MIL indicator on instrument panel,
- control over function and elements, directed towards faults finding, but also combustion gases composition,
- besides faults, engine operation conditions must be recorded by so called "freeze frame",
- memory readout of faults must be done by diagnostic device (faults tester) reading out trouble codes from ECU.

A negative result of the test was recorded in the steering system module in the form of a fault code and was signalled through a light signal of "check engine" visible from the driver's seat. The fault codes and the current value of measuring parameters and steering variables could be read with external (off-board) diagnostic equipment, such as specialized scanners or particularly programmed personal computers (PC). From the time perspective it can be determined that the first on-board diagnosis systems allowed for a diagnosis of the powering system only, they did not perform an evaluation of a functional (driving) and emitting properties of the vehicle. For example: a vehicle with a damaged catalytic converter, which resulted in an obvious unacceptable increase of toxic substance emission, was considered fully operational if the on-board diagnosis system did not detect any faults in the elements that it controlled.

Similarly, a vehicle was considered fully operational when in fact the burning did not occur resulting in an increased emission of hydrocarbons. The differentiation and "privacy" of the on-board diagnosis systems were characteristics of the first on-board diagnosis systems. Each producer used his own elec-



Rys. 2. Projekt wprowadzania normy EOBD w samochodach osobowych i w lekkich ciężarówkach [4]

Fig. 2. Project introductions of norms EOBD for passenger cars and light duty vehicles in UE countries at type approval [4]

Podobnie za sprawny, uważany był samochód, w którym występuje zjawisko braku spalania, powodujące zwiększoną emisję węglowodorów. Charakterystyczną cechą pierwszych systemów diagnostycznych była także ich różnorodność i „prywatność". Każdy producent stosował własny standard elektryczny i logiczny transmisji danych z systemu oraz traktował informację o kodach błędów i stanie silnika jako wiedzę „fabryczną" dostępną dla ograniczonej liczby odbiorców. Przykładem tej sytuacji może być samochód Polonez, w którym występują trzy różne systemy diagnostyczne o różnych standardach transmisji i kodach błędów. Ogólnie można powiedzieć, że diagnostyka poprzedzająca OBDII ułatwiała obsługę i naprawę pojazdów, nie prowadziła jednak do znaczącego zmniejszenia emisji z transportu samochodowego.

Spełnienie założonych celów można było osiągnąć dzięki opracowaniu normy oraz nowej koncepcji diagnostyki pokładowej wykorzystującej nowatorską definicję uszkodzenie – awaria [3]:

Za element niesprawny uważa się element, którego działanie może spowodować znaczny wzrost emisji związków toksycznych z układu wylotowego lub zasilania w paliwo, przy czym jako znaczący uważa się w OBD II wzrost emisji o 50% od wartości dopuszczalnej dla danego typu samochodu.

3. Ważniejsze zagadnienia związane z pokładowym system diagnostycznym

System OBD II ma znacznie większą niż kiedykolwiek zdolność określania, co dzieje się wewnątrz silnika. Istotną sprawą jest wzrost emisji wylotowej, jeżeli jakieś procesy przebiegają nieprawidłowo, lecz

trical and logical standard of data transmission from the system and treated the information about the fault codes and the engine technical state as "factory" knowledge, available only to a limited number of consumers. As an example of such can be the Polonez car where three different diagnosis systems are implemented with three different transmission standards and fault codes. In general, the diagnostic, which preceded OBD II allowed for easier service and repair of the vehicles but did not result in a decrease of toxic substance emission from the vehicles.

Achievement of assumed gaols could be done thanks to the standard preparation and the new concept of on-board diagnostic, utilising innovative definition of defect – failure [3]:

A non-operational element is considered the one which operation may cause considerable increase of emission of toxic components from exhaust system or fuel supply system; at the same time, the increase of emission by 50% from acceptable level for the particular type of vehicle is treated in OBD II, as an considerable one.

3. More important problems connected with on board diagnostic

OBD II has more ability than the ever before to know what is going on inside an engine. The main reason is the increased emission output when something goes asttray, but more important to protect catalityc converter from being damaged by excessive hyrocar-

największe znaczenie ma ochrona reaktora katalitycznego przed uszkodzeniem wynikającym z nadmiernej ilości węglowodorów albo tlenku węgla.

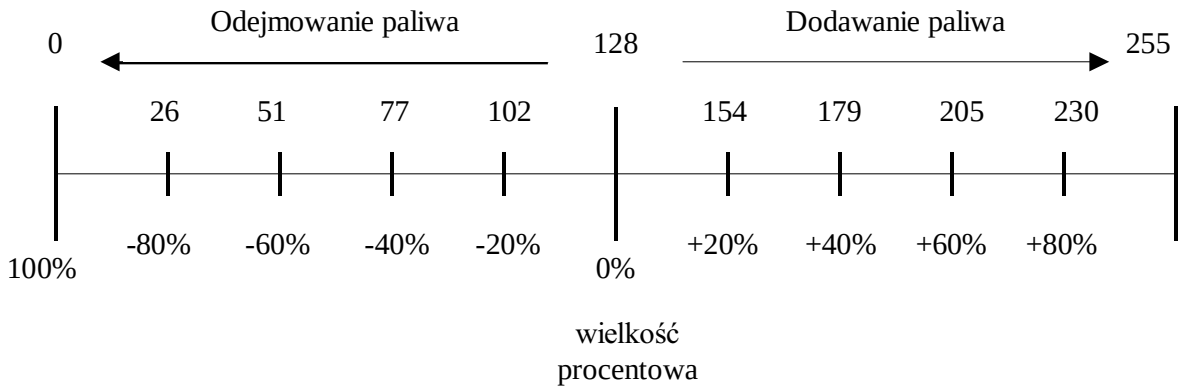
Aby lepiej zrozumieć istotę systemu OBD II należy poznać kilka terminów [5]:

- *kryteria zezwalające* – są to niezbędne warunki, jakie muszą być spełnione, aby mogło dojść do uruchomienia testu diagnostycznego. Każdy test ma pewną ilość warunków niezbędnych do przeprowadzenia testu. Niektóre z nich to: prędkość silnika, prędkość pojazdu, temperatura cieczy chłodzącej silnika, ciśnienie atmosferyczne, odpowietrzanie zbiornika, wyrównoważenie poziomu paliwa,
- *diagnostyka wykonawcza* – zestaw kodowanych instrukcji stosowanych do przetwarzania i kontroli innych kodowanych poleceń,
- *test bierny* – jest testem diagnostycznym kontrolującym system albo jego elementy,
- *test aktywny* – przeprowadza rzeczywiste działanie w czasie, kiedy wykonywana jest funkcja diagnostyczna,
- *cykl nagrzewania* – silnik musi osiągnąć temperaturę 70°C i zwiększyć o przynajmniej 22° po zakończeniu testu,
- *diagnostyka intruzywna* – każdy test pokładowy uruchamiany przez diagnostyczny system kontroli, który ma wpływ na emisję,
- *ramka zamrożona* – przechowuje informacje o pojeździe w chwili kiedy błędy związane z emisją są zatrzymywane a świetlny wskaźnik uszkodzenia MIL ma to uszkodzenie zasygnalizować. Jest to zbiór wartości parametrów układu napędowego obserwowanych podczas wystąpienia uszkodzenia,
- *cykl jezdny OBD II* – celem jest przeprowadzenie wszystkich procedur diagnostyki pokładowej, aby ustalić wskaźnik stanu badanie/obsługa (I/M),

bon or carbon monoxide. Due to this, new area are monitored, including catalit converter conversion effciency and crankshaft speed to determine engine misfires.

To understand OBD II logic, we will first start with a few basic terms [5]:

- *enable criteria* – an engineering term for the conditioms necessery for a given diagnostic test to run. Each test has a certain number of conditions that need to be met before it is executed. Some common enable criteria are: engine speed, vehicle speed, ECT, MAF/MAP, barometric pressure, IAT, TPP, canister perge, fuel trim, TCC enable and A/C on-signal,
- *diagnostic executive* – a set of coded instructions designed to process and control other coded instructions,
- *passive test* – is a diagnostic test that monitors a system or component,
- *active test* – an active test actually executes an action when performing a diagnostic function,
- *warm-up cycle* – the engine temperature must reach a minimum of 70°C and rise at least 22°C over the course of the trip,
- *intrusive dianostic* – any on board test run by the diagnostic management system that will have an effect on emissions,
- *freeze frame* – stores vehicles information at the moment an emissions system test that will have an affect on emission,
- *OBD II drive cycle* – it is purpose is to run all of the on board diagnostic so that I/M read flags will set,
- *fuel trim system monitoring* – the theory for fuel trim monitoring is to look at the average short or long term correction neededd to bring the air/fuel ratio into line. If these fuel trim values reach and stay at their limits for a period of time, a malfunction is indicated (fig. 3),

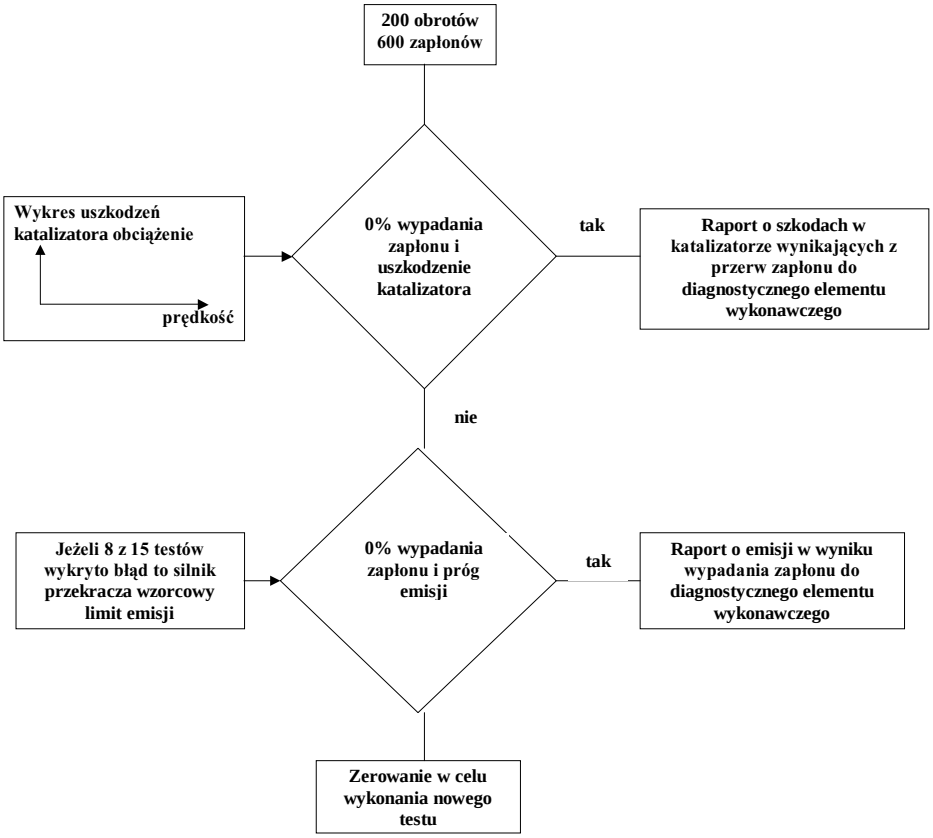


Rys. 3. *Zmiana równowagi paliwa [5]*

Fig. 3. *Change of fuel equilibrum [5]*

- *monitorowanie systemu sterowania paliwa* – w teorii sterowania ilością paliwa rozpatrywana jest krótko – albo długoterminowa korekcja niezbędna do sprawdzania współczynnika l, tzn. skład mieszanki paliwowej na odpowiedni poziom. Jeżeli wartość tego współczynnika rośnie ponad zadaną i utrzymuje się przez pewien okresu czasu, zasygnalizowane zostaje wadliwe działanie (rys. 3),
- *monitorowanie systemu recyrkulacji spalin EGR* – stosowana jest zmiana ciśnienia bezwzględnego w przewodzie dolotowym w celu stwierdzenia, jak efektywny jest system EGR (*Exhaust Gas Recirculation*). Zawór EGR powinien być otwarty podczas opóźnienia zamknięcia przepustnicy, co spowoduje zmianę ciśnienia MAP,
- *kontrola wypadania zapłonu* – przepisy dotyczą monitorowania zjawisk wypadania zapłonu w warunkach jazdy ze stałą prędkością, w czasie przyśpieszania i w warunkach pracy na biegu jałowym. Kontrola powinna wyznaczyć, czy jest to zjawisko występujące w jednym czy w wielu cylindrach, a następnie określić przyczyny. Jedną z przeszkód programowania i rozpoznawania wypadania zapłonu jest wpływ nierówności dróg (rys. 4),

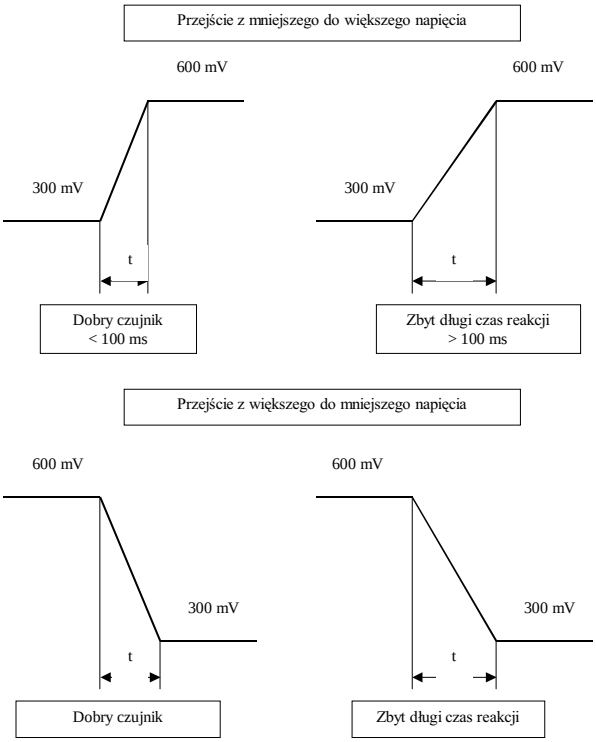
- *EGR system monitoring* – this uses a change in MAP to determine how effective the EGR system is. The EGR valve will be forced open during closed throttle deceleration and a change in MAP corresponding to the chart below will be required,
- *misfire monitor* – regulations require misfire monitoring under cruise, accelerationand idle conditions. The diagnostic must determine whither there is single or multiple cylinder misfire, then identify the offenders. One of the major obstacles to promram and identify misfire siftware is the effect of rough roads on misfire detection (fig. 4),
- *heated oxygen monitoring* HO_2S – consists of three parts: response time, time to active, and sensor voltage checks,
- *response time* – by studying the car below, you will see that the amount of time needed to make the transition from rich to lean cannot surpass 100 ms on the pre-catalytic converter O_2 sensor (fig. 5),
- *time to active* – the time required for the HO_2S to become active during cold start. This time frame is compared to a calibrated malfunction threshold to judge the capability of the sensor heater,



Rys. 4. Poziomy tworzenia decyzji dotyczącej zjawiska wypadania zapłonu [5]
Fig. 4. Level creation of decision apply to misfire phenomenon [5]

- *monitorowanie podgrzewanej sondy lambda (HO_2S)* – składa się z trzech części: czasu reakcji, czasu uruchomienia i kontroli napięcia sondy lambda,
- *czas reakcji* – dla sondy lambda przed reaktorem katalitycznym jest to czas niezbędny do przejścia z wartości większej do mniejszej napięcia nie może być większa od 100 ms (rys. 5),
- *czas aktywacji* – czas niezbędny do aktywacji podgrzewanej sondy lambda HO_2S w czasie tzw. „zimnego" rozruchu. Uzyskany przedział czasu jest porównywany z wzorcowym progiem wadliwego działania w celu określenia możliwości sondy lambda,
- *kontrole napięcia sondy lambda* – ma zastosowanie zarówno do sond lambda przed, jak i za katalizatorem. Elektroniczny system sterownia (ECU) kontroluje sondę lambda przed reaktorem katalitycznym, aby miała ona ciągle wysoką aktywność, podczas kiedy sygnał wyjściowy z sondy lambda za reaktorem katalitycznym jest płaski. Sprawny katalizator powinien mieć około 95% sprawności konwersji węglowodorów. Jeżeli katalizator jest niesprawny, wtedy sprawność ta wynosi 65% albo mniej,
- *system kontroli powietrza na biegu jałowym* – przez porównanie rzeczywistej prędkości biegu jałowego z założoną prędkością, IAC powinna określić czy wymagane jest przeprowadzenie testu badawczego. Poziom tworzenia decyzji dotyczących wypadania zapłonu przedstawia.

- *sensor voltage checks* – applied to both pre- and post-catalytic converter HO_2S. The ECU looks for a pre-cat sensor to be very active, while a post-cat sensor's output is flat, as seen in the chart. A good catalytic converter will have a hydrocarbon conversion efficiency of approximately 95%. A degraded converter has a conversion efficiency of 65% or less,
- *idle air control system* – by comparing actual idle speed to commanded idle speed, the IAC will determine if a diagnostic follow-up test is required.



Rys. 5. Czas reakcji podgrzewanej sondy lambda [5]
Fig. 5. Heated oxygen sensor response time [5]

4. System przesyłania danych - CAN

Wprowadzenie elektronicznie sterowanych układów wtryskowo-zapłonowych oraz podsystemów redukcji emisji związków toksycznych gwałtownie zwiększyło ilość połączeń energetyczno-informatycznych w samochodzie. Efektem tego były:

- wzrost kosztów okablowania,
- trudności jego zabudowy w pojeździe,
- pogorszenie niezawodności związane z ilością połączeń w wiązkach.

W tradycyjnych rozwiązaniach pokładowych systemów E/E trudne lub niemożliwe było także wykorzystanie czujników tych samych parametrów pojazdów w różnych zastosowaniach kontrolno-pomiarowych), co dalej komplikowało cały system. Jedynym racjonalnym rozwiązaniem stało się więc zastąpienie analogowej wiązki szeregową transmisją cyfrową znaną od dawna w telekomunikacji i informatyce, w której informacje pomiędzy elementami, podzespołami i systemami są wymieniane za pośrednictwem jednego wspólnego łącza elektrycznego. W wyniku wspólnych działań producentów pojazdów i instytucji normalizujących opracowano trzy standardy takiej transmisji, które mogą obsłużyć wszystkie zastosowania pojazdowe. Standardy te są nazywane w literaturze komunikacją klasy A, B i C (tabela 1).

Każda klasa komunikacji była projektowana pod kątem spełnienia specyficznych wymagań poszczególnych podzespołów i podsystemów pojazdów i różni się od pozostałych głównie prędkością transmisji i odpornością na błędy.

4. Controller area network – CAN

Introduction of electronically controlled injection-ignition systems and toxic emission reduction subsystems rapidly increased the quantity of energetic-information connections in the vehicle. It resulted in:

- cabling cost increase,
- difficulties of mounting in a vehicle,
- worsening reliability related to quantity of connections in harnesses.

Utilisation of sensors was difficult or impossible for the same parameters in vehicles in different control-measurement applications in traditional solutions of E/E on-board systems, what complicated more the system. The only rational solution was replacement of analogue harness with the serial digital transmission known since long time in telecommunication and informatics, where information between elements, subassemblies and systems is transferred by one common electrical link. As a result of joint activity of vehicle manufacturers and normalisation institutions, three standards of such transmissions have been elaborated, that may be used for all vehicle applications. These standards are called in professional literature as A, B and C communication classes (table 1).

Each communication class was designed to fulfil specific requirements of particular subassemblies and subsystems of vehicles and differs from other systems by the transmission speed and resistance to errors.

Development work started by Bosch in 1983 has led to creation of functional system of data transmission, based on CAN *(Controller Area Network)* communication protocol called also data bus. CAN protocol is defined by ISO 11989 and 1159-2 standards and SAE J1859 standards.

Tab. 1. Klasy komunikacji danych akceptowane przez SAE [6]
Tab.1. Classes of data communication accepted by SAE [6]

	Klasa A	Klasa B	Klasa C
Prędkość	niska	średnia	wysoka
Transfer	< 10 kb/s	od 10 do 125 kb/s	od 125 kb/s do 1 Mb/s
Zastosowanie	Urządzenia zwiększające komfort jazdy	Niekrytyczne systemy kontrolno-pomiarowe	Systemy pomiarowe krytyczne dla bezpieczeństwa jazdy

Podjęte w 1983 roku przez firmę Bosch prace doprowadziły do stworzenia funkcjonalnego systemu transmisji danych, które swe działania opierały na protokole komunikacyjnym CAN *(Controller Area Network)* zwanym inaczej „szyną danych". Protokół CAN określają normy ISO 11989 i 1159-2 oraz normy SAE J1859.

Sieci tworzą wymienniki informacji (tzw. węzły) połączone z magistralą danych. Węzły mogą być zarówno nadajnikami jak i odbiornikami informacji. Dla zapewnienia technicznych możliwości współpracy z magistralą każdy wymiennik musi posiadać [6]:

- sprzęg mechaniczny – złącze,

Networks create information exchangers (so called nodes) connected with data bus. The nodes may be transmitters and also receivers of information. To secure technical possibility for collaboration with bus, each exchanger must have [6]:

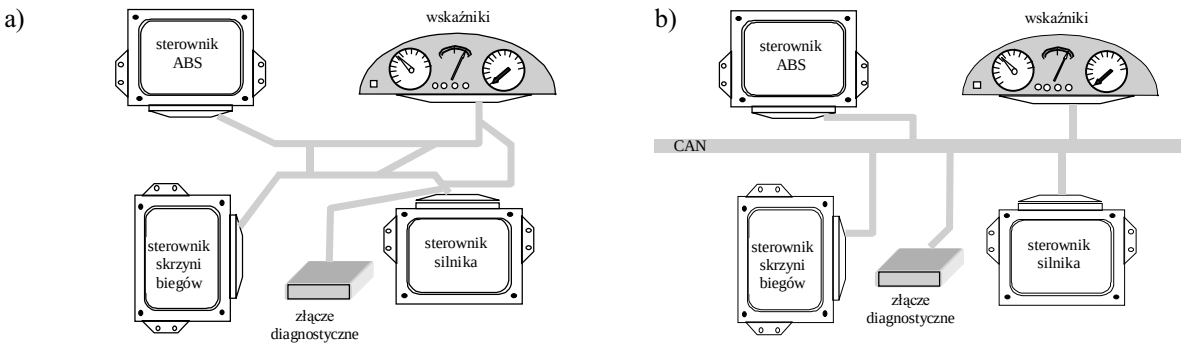
- mechanical coupling – joint,
- electrical coupling system – adjusting the levels and structure of electrical signals to general requirements in the whole bus,

- układ sprzęgający elektryczny – dopasowujący poziomy i strukturę sygnałów elektrycznych do wymagań ogólnych obowiązujących w całej magistrali,
- układ sterowania wymianą danych – generujących sygnały potrzebne do wyprowadzenia komunikatu do magistrali i do przyjęcia komunikatu z magistrali,
- układ sprzęgający wewnętrzny łączący układ sterowania wymianą danych z obsługiwanym sterownikiem funkcjonalnym lub źródłami sygnałów dochodzących do węzła.

Komunikacja nawiązywana jest pomiędzy węzłami sieci dla wymiany informacji o stanie pracy urządzeń albo danych zawierających wartości mierzonych parametrów (rys. 6). Do danych o stanie pracy, zwanych statusowymi, należą m.in.:
- kody usterek,
- nastawy regulatora prędkości,
- ograniczenia prędkości,
- potwierdzenia wybranego zakresu pracy skrzyni biegów,
- informacje o włączaniu hamulca silnikowego itd.

- data exchange control system – generating signals needed for message output to bus and to reception of message from the bus,
- internal coupling system connecting data exchange control system with serviced functional controller or with signal sources reaching the node.

Communication is established between nodes of the network for exchange of information about operating condition of the devices or data containing values of measured parameters (fig. 6). The following belong between others to the data called status data:
- defect codes,
- settings of speed regulator,
- speed limitations,
- confirmations of selected range of operation of gear box,
- information about actuation of engine brake, etc.



Rys. 6. Szeregowa (a) i równoległa (b) transmisja danych
Fig. 6. Series (a) and parallel (b) transmission data

5. Wskaźnik uszkodzenia

Głównym zadaniem systemu OBD II jest bieżący nadzór nad poziomem emisji związków toksycznych z układów: wydechowego i zasilania w paliwo. Nadzorem tego systemu są objęte oprócz elementów emisyjnie krytycznych, także elementy, których niesprawności mogą pośrednio zwiększyć emisje poprzez oddziaływanie swymi wejściami lub wyjściami na centralny system komputerowy. Wykrycie niesprawności jest sygnalizowane kierowcy wskaźnikiem świetlnym MIL oraz rejestrowane w pamięci jednostki centralnej w postaci standardowego kodu niesprawności i innych danych pomocniczych (rys. 7).

Wskaźnik MIL musi być sprawdzany przez kierowcę przed przeprowadzeniem rozruchu – musi zaświecić się około 2 sekundy po dokonanym rozruchu. Jeśli występuje wypadanie zapłonu szkodliwe dla ka-

5. Malfunction indicator light

The OBD II system is particularly aimed at toxic substance emission and its major task is a continuous supervision over the level of toxic substance emission from the following systems: exhaust and fuel supply. Critical emission elements are placed under such supervision, as well elements whose faults can indirectly increase toxic substance emission through effecting the central computer system with its ins and out. A detection of any fault is signaled to the driver with the light signal MIL and registered in the memory of the central entity in the form of standard fault code and other helpful data (fig.7).

The driver must check MIL indicator before starting an engine – it must light about 2 seconds after engine starting. If there is misfiring which is detrimental for the catalyst, it must be signalled by flashing of combustion gases warning lamp, then the

talizatora, musi być to natychmiast sygnalizowane miganiem lampki ostrzegawczej, wówczas można jeszcze jechać tylko ze zredukowana mocą. W tym przypadku lampka ostrzegawcza zaczyna świecić się w sposób ciągły [7].

Jeśli pogarsza się jakość spalin, wówczas lampka ostrzegawcza, po spełnieniu każdorazowo warunków zapisu i załączania, musi sygnalizować światłem ciągłym natychmiast dwa cykle jazdy.

Przykład wypadania zapłonów - system w każdych warunkach jazdy sprawdza, czy:

–ilość nieudanych zapłonów jest tak wysoka, że może nastąpić uszkodzenie katalizatora,

–ilość nieudanych zapłonów powoduje przewyższenie 1,5-krotnie ilość emitowanych spalin ograniczonych normą.

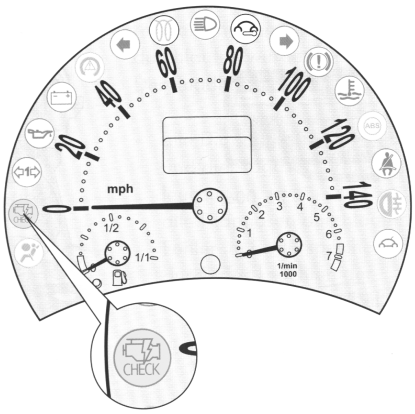
driving may be performed only with reduced power. In this case the warning lamp starts to light continuously [7].

If the combustion gases quality is deteriorating, then the combustion gases warning lamp after fulfilling each time the record and switching on conditions, must immediately signal with continuous light two driving cycles.

Example: misfiring – system checks in every drive conditions if:

the number of unsuccessful ignitions is so high, that it may cause damage of the catalyst,

the number of unsuccessful ignitions causes 1,5 times increase of emitted combustion gases limited by the standard.



Rys. 7.*Świetlny wskaźnik uszkodzenia MIL [8]*
Fig. 7. *Malfunction indicator light MIL [8]*

Jeżeli błąd jest zapisany w pamięci sterownika, wówczas można odczytać za pomocą przyrządów diagnostycznych. W przypadku strategii wymagających więcej niż dwóch wstępnych cykli jezdnych w celu aktywizacji MIL, producent musi dostarczyć dane lub obliczenia z których będzie jasno wynikało, że system monitorowania jest w tych warunkach również skuteczny, jak i dokładny w wykrywaniu uszkodzeń elementów. MIL musi wyraźnie sygnalizować np. światłem błyskowym wypadanie zapłonów silnika mogące spowodować uszkodzenie reaktora katalitycznego, w stopniu określonym przez producenta. Wskaźnik MIL musi się aktywować kiedy kluczyk stacyjki znajduje się w położeniu „key on" przed rozruchem silnika oraz po zakończeniu rozruchu silnika, jeśli wcześniej nie została wykryta żadna nieprawidłowość funkcjonowania.

W celu zminimalizowania wyświetlania się diody, system OBD II zaprogramowany jest tak, aby lampka diagnostyczna świeciła się tylko wtedy, kiedy ten sam błąd wystąpi dwa razy w tych samych warunkach jezdnych. Błędy które mają zasadniczy wpływ na zwięk-

If the fault is recorded in the controller memory the diagnostic devices can read it out. In case of strategy that requires more than two initial driving cycles to activate MIL, the manufacturer must provide the data or calculations, from which will clearly result, that the monitoring system is effective in these conditions as well, and accurate in elements faults finding. MIL must clearly indicate, for example by flashing light, that engine is misfiring that may cause catalyst damage to the degree defined by the producer. MIL indicator must be activated when the key of ignition switch is in "key on" position before starting the engine and after engine starting, if no abnormality was detected before.

In order to minimize the illumination of the diode the OBD II system is programmed in such way that the light will come on only when the same fault occurred twice in the same driving conditions. Faults that have a significant effect on the increase of toxic substance emission will cause the light to come on

szenie emisji powodują zapalenie się lampki kontrolnej już po pierwszym razie wystąpienia błędu. Norma OBD wprowadza 9 trybów testowania.

the first time they occur. The OBD II norm implements nine testing stages. The OBD norm implements 9 testing stages (table 2).

Tab. 2. Norma OBD wprowadza 9 trybów testowania [2, 7]
Tab. 2. The OBD II norm introduces 9 stages of testing [2, 7]

Rodzaj trybu testowania	Opis
Tryb I	Identyfikacja parametrów – uzyskiwanie danych diagnostycznych w postaci cyfrowej i analogowej.
Tryb II	Dostęp do danych przechowywanych w pamięci sterownika w postaci tzw. ”zamrożonej ramki”, zarejestrowanych podczas eksploatacji samochodu, dotyczących uszkodzenia elementów związanych z emisją toksycznych składników spalin.
Tryb III	Umożliwia urządzeniom diagnostycznym czytanie zapisanych kodów błędów; kody błędów mogą być wyświetlane samodzielnie lub razem z tekstem opisującym.
Tryb IV	Umożliwia kasowanie wszystkich kodów błędów zapisanych w pamięci sterownika; w pamięci sterownika znajduje się kod rejestrujący fakt kasowania błędów oznaczonych symbolem P1000 i oznacza, że urządzenie diagnostyczne będzie gotowe do zbierania informacji o aktualnym stanie monitorowania i testowania samochodu w czasie jazdy.
Tryb V	Monitorowanie czujników tlenu (sond lambda) w celu wykrycia niesprawności reaktora katalitycznego.
Tryb VI	Testowanie tzw. monitorów (procedur diagnostycznych) tj. nie pracujących w sposób ciągły.
Tryb VII	Testowanie tzw. monitorów bezwarunkowych tj. pracujących w sposób ciągły.
Tryb VIII	Kontrola stanu wyjściowego – umożliwia uruchomienie przez tester możliwości sterowania danymi wyjściowymi (wysyłanie lub wstrzymywanie sygnału wyjściowego) centralnej jednostki sterowania; tryb ten umożliwia obsłudze technicznej manualne kontrolowanie większości sygnałów wyjściowych celem sprawdzenia aktualnego stanu technicznego urządzeń zewnętrznych np. pompy paliwa, zaworów lub ruchomych elementów elektromechanicznych.
Tryb IX	Zapytanie o VIN, aktualne dane o stanie samochodu

6. Kody uszkodzenia

Uszkodzenie kontrolowanego elementu powoduje przesłanie sygnału do centralnej jednostki sterującej gdzie wiadomości te zostają przeczytane oraz zanalizowane, a następnie sterownik podejmuje decyzję o dalszym działaniu. Oznacza to, że sterownik wyposażony jest w algorytm analizujący błędy, np. działania reaktora katalitycznego, w czasie rzeczywistym i lampka systemu OBD II informująca kierowcę o uszkodzeniu może zapalić się w trakcie jazdy. Głównym celem takiego działania sytemu jest poinformowanie kierowcy o zwiększonej emisji składników toksycznych przez jego pojazd. Działanie lampki kontrolnej OBD II w samochodach nowych jest inne niż w samochodach starszych.

6. Diagnostic Trouble Code

Any damage of the controlled system results in a signal being sent to the central steering entity where the data will be read and analysed, then the steering entity will decide what shall be done further. This means that the steering entity is equipped with the fault analysing algorithm of for example: the operation of the catalytic converter in the present time and the signalling light of the OBD II system informing of a fault can light up during the ride. The main goal of such system operation is informing the driver of an increased emission of toxic substances by his vehicle. The functioning of the signalling light of the OBD II system is different in new cars than in the old models.

System OBD ma zapisywać kody od wskazujących stan systemu kontroli emisji aż do kontroli takich systemów jak Air Bag lub ABS. Oddzielne kody muszą być stosowane w celu poprawnego opisania działania układów kontroli emisji oraz działania tych układów kontroli emisji, których pełna ocena może być przeprowadzona jedynie w trakcie eksploatacji pojazdu. Kody błędów powodujące aktywizację MIL z powodu uszkodzenia lub nieprawidłowego działania nadmiernej emisji muszą być rejestrowane oraz kod błędu musi identyfikować typ nieprawidłowego działania. Informacja o drodze przebytej przez pojazd od momentu aktywizacji MIL musi być w każdej chwili dostępna poprzez port szeregowy w złączu standardowym.

Kody błędu – DTC *(Trouble Diagnostic Code)*, są określone normą SAE i muszą być jednolicie stosowane przez wszystkich producentów, składa się z pięciu oznaczeń alfanumerycznej – z jednego symbolu literowego oraz z czterech symboli cyfrowych np. P0305 (rys. 8).

Wszystkie zagrożenia można podzielić na dwie grupy (dwie klasy), ze względu na stopień zagrożenia zwiększenia emisji [2, 3, 9]:

Typ A:
- emisja względna,
- żądanie podświetlenia wskaźnika MIL po wystąpieniu jednego błędnego cyklu jezdnego OBD,
- przechowywanie informacji typu DTC przez „freez frame" po wystąpieniu jednego błędnego cyklu OBD.

Typ B:
- emisja względna,
- zapamiętanie informacji typu PTC *(Pending Trouble Code*) po jednym błędnym cyklu OBD,
- usunięcie informacji typu PTC po wystąpieniu jednego udanego cyklu OBD,
- zapalenie się wskaźnika MIL po wystąpieniu dwóch błędnych cykli OBD z rzędu,
- przechowywanie informacji przez „freez frame" po wystąpieniu dwóch błędnych cykli jezdnych z rzędu.

Zapamiętywane błędne funkcje mogą być odczytywane przez urządzenia śledzące typu Scan - Toll, które jest przyłączone przez złącze diagnostyczne (z miejsca kierowcy – około 0,5 m od koła kierownicy wg. SAE).

Diagnoza za pomocą urządzeń stwarza następujące możliwości:
- odczytanie i kasowanie pamięci błędu,
- wskazanie danych odnoszących się do zespołu wsparcia odszukania błędów,
- czytanie kodów gotowości,
- wydruk danych diagnozy.

OBD system should record the codes starting from the codes of emission control system condition until the codes of Air Bag and ABS systems. There must be separate codes for correct defining operation of emission control systems and operation of those emission control systems which full evaluation may be performed only during vehicle operation. Trouble codes activating MIL because of damage or excessive emission must be recorded and the trouble code must identify the type of faulty operation. Information about the cruise done by the vehicle from the moment of MIL activation must be accessible any moment through the serial port in standard connector.

Trouble codes – DTC are defined by SAE standard and must be uniformly used by all manufacturers, they are made up of five alphanumeric characters – one literal symbol and four digital symbols, for example P0305 (fig. 8).

There are two categories of DTC that apply to OBD II [2, 3, 9]:

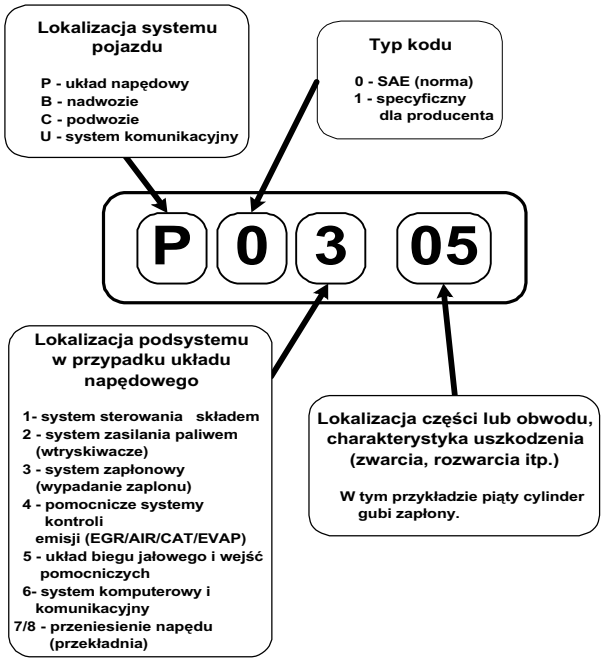
Type A:
- emission related,
- request illumination of the MIL after one failed driving cycle,
- stores a freeze frame DTC after one failed driving cycle.

Type B:
- emission related,
- sets a Pending Trouble Code after one failed driving cycle,
- clears a Pending Trouble Code after one successful driving cycles,
- turns on the MIL after two consecutive failed driving cycles,
- stores a freeze frame after two consecutive failed driving cycles.

Trouble code and also information about the cruise and so called "freeze frame" may be removed from the OBD system, if the same trouble is no more recorded during completion of at least 40 engine heating cycles.

Stored faulty functions may be read out by the monitoring devices Scan – Tool type, which is connected by diagnostic connector (from the driver place – about 0,5 m from steering wheel).

Diagnosis by the device enables:
- readout and erasing of fault memory,
- pointing the data related to fault finding,
- diagnosis data printout.



Rys.8 . Kod uszkodzeń DTC [7, 9]
Fig. 8. Anatomy of the Diagnostic Trouble Code DTC [7, 9]

Przez ustawodawcę ustalone jest aby system diagnozowania był tak opracowany przez producenta pojazdów, by dane OBD mogły być pobierane przez dowolny przyrząd odczytujący OBD – Generic - Scan Tool.

The legislator has determined that the manufacturer should prepare the diagnosticsystem in a way that enables any OBD – Generic – Scan Tool to read the data.

7. Podsumowanie

Zaniechanie wprowadzenie normy EOBD lub znaczne opóźnienie jej wprowadzenia spowoduje skierowanie na rynek polski pojazdów opóźnionych technicznie, nie spełniających wymagań normy EOBD, które w czasie eksploatacji mogą stać się źródłem znacznej emisji związków toksycznych w spalinach. Należy przypuszczać, ze pojazdy te, dzięki ich niższej cenie, mogą być sprzedawane w Polsce w znacznych ilościach. Brak obowiązku respektowania normy EOBD pozbawi także niezależne warsztaty naprawczo-obsługowe niezbędnej dla serwisu informacji o stanie technicznym użytkowanych pojazdów.

7. Resume

Relinquishment of implementation of the EOBD or a significant delay in such implementation will result in technically retarded vehicles, which do not comply with the requirements of the EOBD norm, and which may later become a significant source of toxic substance emission to be introduced in the Polish market. It can be anticipated that such vehicles, thanks to their lower price, will be sold in Poland in large quantities. A lack of the duty of respect of the EOBD norm will also deprive independent repair-servicing workshops of the information from the information system that the EOBD norm makes available to everyone, which may be essential to the workshop.

References

[1] Wojniak A., Wcisło S., Harnas M.: „*Silniki wysokoprężne dla motoryzacji”* KONES 2000.
[2] Drzewiecki W.: „*Polski rynek motoryzacyjny, 1998 - 2000, czynniki kształtujące jego rozwój*” 2. 10. 2000, Warszawa, Poland.
[3] Mazurek S., Merkisz J.: ”*Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych – podstawowe cele i wymagania normy OBD II*”, 25th International Scienific Conference on Combustion Engines, Jurnal of KONES 1999.

[4] Directive 98/69/EC of the European Parliament and of the Council.
[5] Bochacz Ray T.: „*The workings of OBD II and its effect on modifications*" – www.dakota-truck.net.
[6] Bałaziński W., *Sieci informatyczne z magistralami CAN*, AURO EXPERT mr 4/2000 str. 43-46.
[7] Merkisz J.: *„Problemy związane z wprowadzeniem systemu OBD II", III Konferencja BRD a diagnostyka, Poznań Moto Show'01.*
[8] Volkswagen „*New Bettle – Konstruktio und Funktion*". Materiały firmowe VW.
[9] www.obdii.com

Skróty i wyjaśnienia/ Jargon and Acronyms

ABS	*Anti Block System* – system antypoślizgowy
CAN	*Controler Area Network* - układ kontrolujący pracę sieci
DTC	*Diagnostic Link Conector* - złącze pozyskiwania danych diagnostycznych
ECM	*Engine Control Module* – moduł kontrolny silnika
ECU	*Electronic Control Unit* - elektroniczny układ sterowania
EGR	*Exhaust Gas Recirculatioon* - recyrkulacja spalin
EOBD	*European On-Board Diagnostic* – europejski pokładowy system diagnozowania
EPA	*Environment Protection Agency* - Urząd Ochrony Środowiska w USA
EVAP	*Evoporative System* – System odprowadzania par paliwa z układu zasilania. Badanie szczelności tego systemu jest zadaniem jednego z ważnych monitorów OBDII
freeze frame	Ramka zamrożona (stop klatka). Zbiór wartości parametrów układu napędowego obserwowanych podczas wystąpienia uszkodzenia.
LDV	*Light Duty Vehicle* – lekki pojazd samopchodowy
MIL	*Malfunction Indicator Light* - świetlny wskaźnik uszkodzenia
OBD I	*On-Board Diagnostic I* – pokładowy system diagnozowania pierwszej generacji
OBD II	*On-Board Diagnostic II* – pokładowy system diagnozowania drugiej generacji
OBD III	*On-Board Diagnostic III* – pokładowy system diagnozowania trzeciej generacji
SAE	*Society of Automativ* Engineers – Stowarzyszenie Inżynierów Samochodowych w USA
VIN	*Vehicle Identyfikator Number* – numer identyfikacji pojazdu

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz
Mgr inż. Marcin Rychter
Instytut Silników Spalinowych i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3, Poznań
Jerzy.Merkisz@put.poznan.pl
Marcin.Rychter@put.poznan.pl