
8. System OBD

8.1. Wiadomości wstępne

Wymagania ekologiczne i ekonomiczne spowodowały, że pracę silników pojazdów samochodowych kontroluje sterownik elektroniczny dawkujący paliwo, tak aby spaliny zawierały małą ilość związków toksycznych. Podzespoły elektroniczne sterownika oraz układów z nim współpracujących mogą ulec uszkodzeniu. Aby uniknąć negatywnych skutków awarii, których konsekwencją jest wzrost emisji spalin, opracowano systemy sprawdzające w sposób automatyczny stan techniczny wybranych podzespołów mających wpływ na szkodliwość spalin. Ze względu na złożoność funkcji realizowanych przez system OBD, w rozdziale tym przedstawiono tylko jego główne zadania.

8.2. Geneza OBD

Początki ustawodawstwa dotyczące systemu OBD są datowane od roku 1984. Inicjatorem tych ustaw była Kalifornijska Rada Ochrony Zasobów Powietrza (*California Air Resources Board* – CARB). Komisja ta założyła konieczność przeprowadzenia przez pojazd diagnostyki własnej. Stąd nazwa tego systemu: *On-Board Diagnostic* – OBD, czyli pokładowy system diagnostyczny.

Zadaniem tego systemu jest ciągły nadzór nad wszystkimi elementami i podzespołami elektronicznego sterowania pracą silnika. Dzięki temu system OBD pozwala na wykrycie usterki w miejscu jej powstania.

Diagnostyka zgodna z systemem OBD była wprowadzona obowiązkowo do nowych modeli samochodów produkowanych od roku 1988. System ten później oznaczono jako OBD I. Nadzoruje on pracę wszystkich układów decydujących o składzie emitowanych przez samochód spalin oraz układów połączonych elektrycznie ze sterownikiem silnika. W ramach systemu OBD I jest rozpoznawana usterka podzespołu lub układu i zapisywana w pamięci kodów usterek sterownika silnika. Wystąpienie usterki jest sygnalizowane za pośrednictwem świetlnej kontrolki MIL (ang. *Malfunction Indication Light* – świetlny wskaźnik nieprawidłowego działania), która jest zamontowana na tablicy rozdzielczej pojazdu, co ułatwia kontrolę stanu technicznego pojazdu przez policję.

Począwszy od 01.01.1996 roku pojazdy osobowe oraz lekkie pojazdy użytkowe z silnikiem ZI były wyposażane w system OBD II. Cechami charakterystycznymi systemu OBD II, w porównaniu z systemem OBD I, są:

- dodatkowa funkcja kontrolki MIL, która błyskając sygnalizuje zaistnienie wybranej grupy usterek;
- podzespoły i elementy układu napędowego są kontrolowane nie tylko pod względem uszkodzenia, ale również pod względem wpływu na emisyjność toksycznych składników spalin i utrzymania ich ilości na poziomie nieprzekraczającym wartości dopuszczalnych;
- oprócz kodów usterek w pamięci sterownika muszą być zapisywane parametry pracy silnika, przy których nastąpiła usterka – wartości takie są nazywane parametrami zamrożonymi (ang. *Freeze Frame*);
- kody usterek zapamiętane w pamięci sterownika mogą być odczytywane za pomocą testera diagnostycznego nazywanego również skanerem (ang. *Scan-Tool*), a nie jak w systemie OBD I za pomocą kodów błysków.

Zadania systemu OBD II w postaci graficznej przedstawiono na rys. 8.1.



Rys. 8.1. Zadania systemu OBD II [42]

Od roku 1998 system OBD II jest również montowany w pojazdach wyposażonych w silniki o zapłonie samoczynnym. Ogólne zasady funkcjonowania systemu OBD II w pojazdach z silnikiem ZS są takie same jak dla pojazdów z silnikiem ZI. Jedyną różnicą jest brak kontroli pracy katalizatora, którą w pojazdach z silnikami ZS zastąpiono kontrolą układu wstępnego podgrzewania.

Import samochodów amerykańskich do Europy spowodował, że producenci samochodów europejskich opanowali wiedzę i technologię pozwalającą na wprowadzenie systemu OBD II w pojazdach europejskich. Na bazie tego systemu opracowano europejski system diagnostyki pokładowej oznaczony symbolem EOBD. System ten musi być obowiązkowo zamontowany w pojazdach z silnikiem o zapłonie iskrowym produkowanych od roku 2000, a od roku 2003 jest montowany w pojazdach z silnikiem o zapłonie samoczynnym. System OBD przeznaczony do pojazdów o zapłonie samoczynnym jest nazywany systemem D-OBD.

W Ameryce trwają obecnie prace, których celem jest wprowadzenie do nowych samochodów systemu OBD III. Głównym założeniem tego systemu jest ciągłe, a nie okresowe monitorowanie podzespołów i elementów pojazdu. W przypadku wykrycia usterki, której skutkiem jest zwiększenie toksyczności spalin ponad dopuszczalną wartość, system OBD III za pośrednictwem łączności satelitarnej informuje odpowiednie jednostki o tym fakcie. Po otrzymaniu takiej wiadomości jednostki urzędowe mogą podjąć działania zapobiegające zatrutowaniu środowiska, np. wezwać użytkownika pojazdu do usunięcia takiej usterki lub zdalnie unieruchomić silnik.

Oprócz działań zmierzających do wprowadzenia systemu OBD III są również prowadzone prace nad wdrożeniem pokładowego systemu pomiarowego OBM (ang. *On-Board Measurement*), którego zadaniem będzie ciągła rejestracja stężenia podstawowych składników toksycznych spalin.

Producenci pojazdów wyposażonych w systemy diagnostyki pokładowej mają obowiązek zapewnienia ochrony przed próbami ingerowania do oprogramowania sterownika OBD przez osoby nieuprawnione.

8.3. Algorytm rozpoznawania i zapisywania usterek

W pojazdach wyposażonych w system OBD do sygnalizacji usterki jest wykorzystywana lampka MIL z charakterystycznym piktogramem o kształcie silnika (tabela 5.1, poz. 8). Lampka ta informuje kierowcę o awarii, gdy spełnione są następujące warunki:

- kontrolka MIL zaświeci się po kolejnych dwóch cyklach jazdy (wg norm amerykańskich) lub po trzech cyklach jazdy (wg norm europejskich), gdy wystąpi usterka, której skutkiem jest zapis odpowiedniego kodu w pamięci usterek;
- jeśli w trakcie trzech cykli jazdy z fazą nagrzania silnika będą przeprowadzone procedury diagnostyczne potwierdzające istnienie wcześniej znalezionej i zapisanej w pamięci usterki oraz wykonanie tych procedur nie potwierdzi wcześniej wykrytej usterki, czego skutkiem jest zanik świecenia kontrolki MIL w przypadku niewykrycia innych usterek inicjujących jej świecenie;



Rys. 8.2. Algorytm wykrywania usterek w trakcie procedur diagnostycznych [42]

– jeśli w czterech cyklach jazdy z fazą nagrzania silnika procedury diagnostyczne nie potwierdzą występowania wcześniej wykrytej usterki generującej kod błędu zapisany w pamięci diagnostycznej, kod ten może być usunięty w celu niedopuszczenia do niepotrzebnych napraw.

Pojęcie cyklu jazdy (lub cyklu jezdnygo) oznacza jazdę z uruchomionym silnikiem, w trakcie której konsekwencją rozpoznania usterki jest wygenerowanie kodu błędu zapisanego w pamięci diagnostycznej. Cykl jazdy kończy się wyłączeniem silnika.

Cykl jazdy z fazą nagrzania silnika jest cyklem jazdy, podczas którego temperatura cieczy chłodzącej zwiększa się co najmniej o 22°C i osiąga wartość $\geq 70^\circ\text{C}$.

Algorytm wykrywania usterek oraz informowania kierowcy o tych usterekach za pomocą lampki MIL przedstawiono na rys. 8.2.

Kryteria warunkujące zaświecenie lampki MIL są następujące:

- jest wykryta usterka jednego elementu sterującego pracą silnika i mechanizmu przeniesienia napędu;
- skutkiem uszkodzenia jednego elementu jest zwiększenie emisyjności spalin o 15% lub generowanie nieprawidłowego sygnału wyjściowego;
- wyeksploatowanie katalizatora powoduje zwiększenie emisji węglowodorów (HC) ponad dopuszczalną wartość;
- wypadanie zapłonów powoduje wzrost emisyjności toksycznych składników spalin, czego negatywnym skutkiem może być uszkodzenie katalizatora;
- układ odprowadzania par paliwa jest nieszczelny lub niedrożny;
- program awaryjny steruje silnikiem lub automatyczną skrzynką przekładniową;
- po upływie określonego czasu od rozruchu silnika brak jest sprzężenia zwrotnego w układzie regulacji składu mieszanki (brak sygnału sondy lambda lub sygnał ten jest nieprawidłowy);
- temperatura silnika przekroczyła wartość dopuszczalną więcej niż o 11°C (norma amerykańska).

Lampka MIL powinna się świecić zawsze po włączeniu zapłonu i gasnąć po uruchomieniu silnika, gdy program diagnostyczny nie wykryje usterki generującej kod błędu. Ponadto lampka MIL powinna spełniać następujące wymagania:

- musi być zamontowana w polu widzenia kierowcy;
- nie może być koloru czerwonego, preferowany jest kolor żółty;
- po wykryciu usterki według określonej procedury diagnostycznej lampka powinna się świecić światłem ciągłym;
- po wykryciu usterki, której skutkiem jest uszkodzenie katalizatora, lampka powinna się świecić światłem pulsującym;
- z działaniem lampki może być sprzężony sygnał dźwiękowy.

Jeśli procedury diagnostyczne spowodują samogenerowanie usterki niewystępującej w rzeczywistości, to system OBD może być wyłączony. Taki przypadek może zaistnieć, gdy:

- w zbiorniku znajduje się zbyt mała ilość paliwa – wg norm amerykańskich 15%, wg norm europejskich 20%;
- pojazd jest eksploatowany na dużej wysokości – wg norm amerykańskich 2400 m n.p.m., wg norm europejskich 2500 m n.p.m.;
- temperatura otoczenia jest niższa niż -7°C ;
- pracuje dodatkowe urządzenie napędzane przez silnik, np. wyciągarka w samochodzie terenowym;
- rozładowanie akumulatora powoduje obniżenie napięcia instalacji elektrycznej poniżej dopuszczalnej wartości.

8.4. Komunikacja z systemem OBD

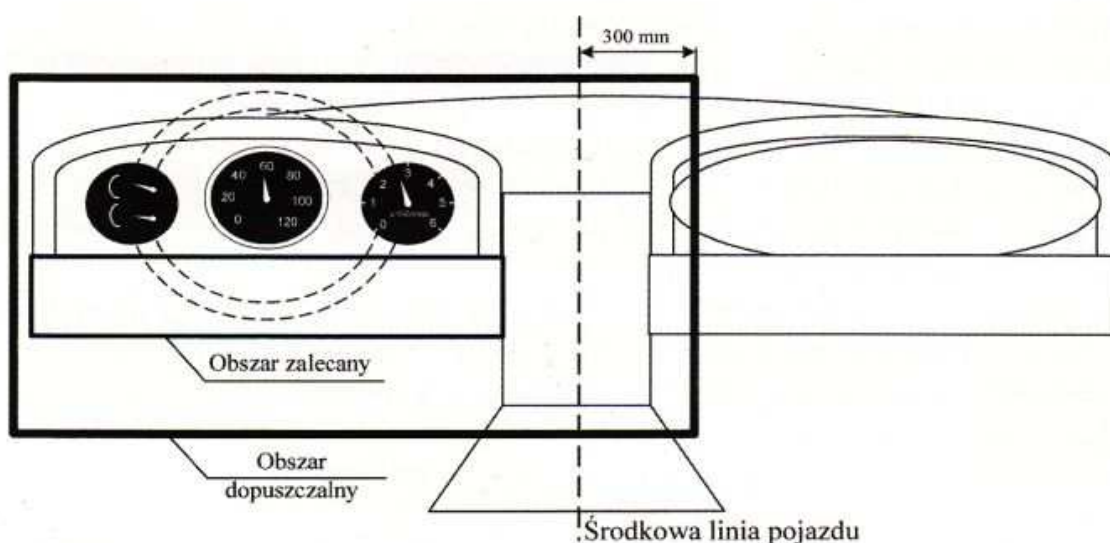
Do komunikacji z systemem OBD jest przeznaczony tester diagnostyczny, zwany często skanerem OBD. W celu wykorzystania tego testera do odczytu kodów błędów zapisanych w pamięci usterek, tester należy dołączyć za pomocą odpowiedniego adaptera do 16-stykowego złącza diagnostycznego DLC (ang. *Data Link Connector*) pojazdu (rys. 8.3).

Miejsce zamontowania złącza DLC, protokół transmisji oraz przebieg wymiany danych opisała szczegółowo organizacja normalizacyjna SAE (ang. *Society of Automotive Engineers* – Stowarzyszenie Inżynierów Techniki Samochodowej).

Zgodnie z normą SAE 11962 złącze diagnostyczne DLC powinno być przymocowane i umieszczone tak, aby można było podłączyć wtyk przewodu skanera jedną ręką bez konieczności stosowania



Rys. 8.3. Sposób diagnozowania pojazdu za pomocą skanera OBD [42]

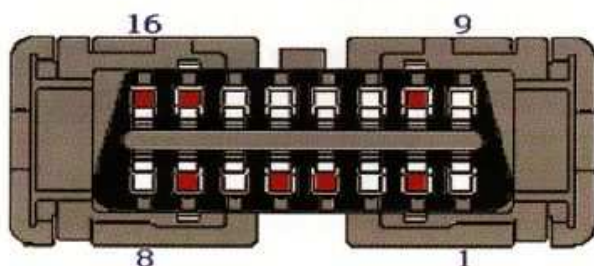


Rys. 8.4. Lokalizacja złącza diagnostycznego [33]

narzędzi pomocniczych. Ponadto złącze powinno być zamontowane poniżej linii wzroku pasażera i musi być łatwo identyfikowane przez pracowników stacji obsługi. Zalecane przez SAE miejsca montowania złącza DLC przedstawiono na rys. 8.4. Kształt złącza DLC oraz przeznaczenie poszczególnych jego wyprowadzeń pokazano na rys. 8.5.

Kody usterek są zapisywane w pamięci diagnostycznej w jednolitej formie, niezależnej od producenta pojazdu. Sposób zapisu kodów podano w normach ISO 15031-6 oraz SAE J2012. Zgodnie z zaleceniami tych norm każdy kod ma pięć znaków:

- pierwszy znak określa lokalizację głównego zespołu pojazdu:
 - P** (ang. *Powertrain*) – silnik lub układ przeniesienia napędu,
 - B** (ang. *Body*) – nadwozie,
 - C** (ang. *Chassis*) – mechanizmy podwozia i zawieszenia kół,
 - U** (ang. *Bussystem*) – sieć wymiany danych;
- drugi znak oznacza typ kodu usterki:
 - 0** – kod usterki ogólny, niezależny od producenta,
 - 1** – kod usterki specyficzny dla konkretnego producenta,
 - 2** – kod usterki specyficzny dla konkretnego producenta,
 - 3** – kod usterki specyficzny dla konkretnego producenta lub niezdefiniowany;
- trzeci znak lokalizuje występowanie usterki:
 - P01XX** – skład mieszanki palnej (masa powietrza i paliwa),
 - P02XX** – skład mieszanki palnej (masa powietrza i paliwa),



Rys. 8.5. Kształt oraz przeznaczenie wyprowadzeń złącza DLC systemu OBD [33]

P03XX – układ zapłonowy i wypadanie zapłonów,
P04XX – układy dodatkowe stosowane w celu ograniczenia emisji spalin,
P05XX – układ regulacji prędkości obrotowej układu biegu jałowego,
P06XX – sterownik silnika i jego sygnały wyjściowe,
P07XX – skrzynka przekładniowa i jej sterowanie,
P08XX – skrzynka przekładniowa i jej sterowanie,
P10XX – kod gotowości systemu OBD informujący o realizacji poszczególnych procedur diagnostycznych (*readinesscode*);

- czwarty i piąty znak określają szczegółowo usterki lub uszkodzony element.

Sposób interpretacji kodów usterek wyjaśnia przykład: kod usterki **P0267** należy odczytać w sposób następujący:

P – silnik i układ przeniesienia napędu,
0 – kod usterki ogólny i niezależny od producenta,
2 – skład mieszanki palnej (masa powietrza i paliwa),
67 – za mała dawka paliwa wtryskiwanego do trzeciego cylindra.

Łączna liczba kodów obejmuje kilka tysięcy usterek, w tym 700 usterek opisujących kody grupy ogólnej P0. W tabeli 8.1 wymieniono i opisano kody usterek często spotykanych w praktyce warsztatowej.

Tabela 8.1.

Kody wybranych usterek [22, 23]

Kod	Obszar występowania usterki	Rodzaj usterki
1	2	3
P0070	Czujnik temperatury otoczenia	Nieprawidłowy sygnał
P0071	Czujnik temperatury otoczenia	Sygnał poza zakresem pomiarowym
P0072	Czujnik temperatury otoczenia	Sygnał o zbyt małej wartości
P0073	Czujnik temperatury otoczenia	Sygnał o zbyt dużej wartości
P0074	Czujnik temperatury otoczenia	Błąd sporadyczny
P0100	Przepływomierz powietrza masowy lub objętościowy	Nieprawidłowy sygnał
P0102	Przepływomierz powietrza masowy lub objętościowy	Sygnał o zbyt małej wartości
P0103	Przepływomierz powietrza masowy lub objętościowy	Sygnał o zbyt dużej wartości
P0104	Przepływomierz powietrza masowy lub objętościowy	Błąd sporadyczny
P0130	Czujnik tlenu, pierwszy rząd cylindrów, pierwszy czujnik	Nieprawidłowy sygnał
P0131	Czujnik tlenu, pierwszy rząd cylindrów, pierwszy czujnik	Sygnał o zbyt małej wartości
P0132	Czujnik tlenu, pierwszy rząd cylindrów, pierwszy czujnik	Sygnał o zbyt dużej wartości
P0133	Czujnik tlenu, pierwszy rząd cylindrów, pierwszy czujnik	Spowolnione działanie (odpowiedź)
P0134	Czujnik tlenu, pierwszy rząd cylindrów, pierwszy czujnik	Nieczynny
P0135	Czujnik tlenu, pierwszy rząd cylindrów, pierwszy czujnik	Zakłócenie działania

Tabela 8.1. cd.

1	2	3
P0200	Wtryskiwacz paliwa	Zakłócenie działania
P0201	Wtryskiwacz paliwa, cylinder 1	Zakłócenie działania
P0202	Wtryskiwacz paliwa, cylinder 2	Zakłócenie działania
P0217	Dopuszczalna temperatura cieczy chłodzącej silnik	Przekroczona
P0218	Dopuszczalna temperatura oleju w skrzyni przekładniowej	Przekroczona
P0219	Dopuszczalna prędkość obrotowa silnika	Przekroczona
P0301	Cylinder 1	Zidentyfikowano wypadanie zapłonów
P0302	Cylinder 2	Zidentyfikowano wypadanie zapłonów
P0303	Cylinder 3	Zidentyfikowano wypadanie zapłonów
P0400	Układ recyrkulacji spalin	Zakłócenie działania
P0401	Układ recyrkulacji spalin	Za małe natężenie przepływu spalin
P0402	Układ recyrkulacji spalin	Za duże natężenie przepływu spalin
P0403	Układ recyrkulacji spalin	Zakłócenie działania
P0404	Układ recyrkulacji spalin	Niewłaściwe natężenie przepływu spalin
P0500	Czujnik prędkości pojazdu	Nieprawidłowy sygnał
P0501	Czujnik prędkości pojazdu	Sygnał poza zakresem pomiarowym
P0502	Czujnik prędkości pojazdu	Za mała wartość sygnału
P0700	Układ sterowania pracą skrzynki przekładniowej	Zakłócenie działania
P0701	Układ sterowania pracą skrzynki przekładniowej	Sygnał poza zakresem pomiarowym
P0702	Układ sterowania pracą skrzynki przekładniowej	Usterka w obwodzie elektrycznym

Możliwości skanerów OBD nie ograniczają się do odczytu kodów usterek z pamięci diagnostycznej sterownika silnika. Za pomocą skanerów można również zdiagnozować przyczyny usterek oraz usunąć z pamięci diagnostycznej kody błędów po usunięciu przyczyn usterek.

W czasie korzystania ze skanera OBD należy pamiętać, że jest on zasilany z instalacji elektrycznej diagnozowanego pojazdu. Zasilanie takie może okazać się niewystarczające w trakcie niektórych procedur i mogą być one przerwane, gdy napięcie instalacji elektrycznej zmniejszy się do wartości 10 V. Aby praca skanera w trakcie badania pojazdu nie była przerwana, należy przyjąć zasadę, że skaner musi być zasilany z zewnętrznego źródła napięcia.

8.5. Działanie systemu OBD

Wprowadzenie systemu OBD wymagało zamontowania w układzie elektronicznym samochodu dodatkowych podzespołów, które nie mają wpływu na sposób sterowania silnikiem pojazdu. Do działania systemu OBD są niezbędne informacje dostar-

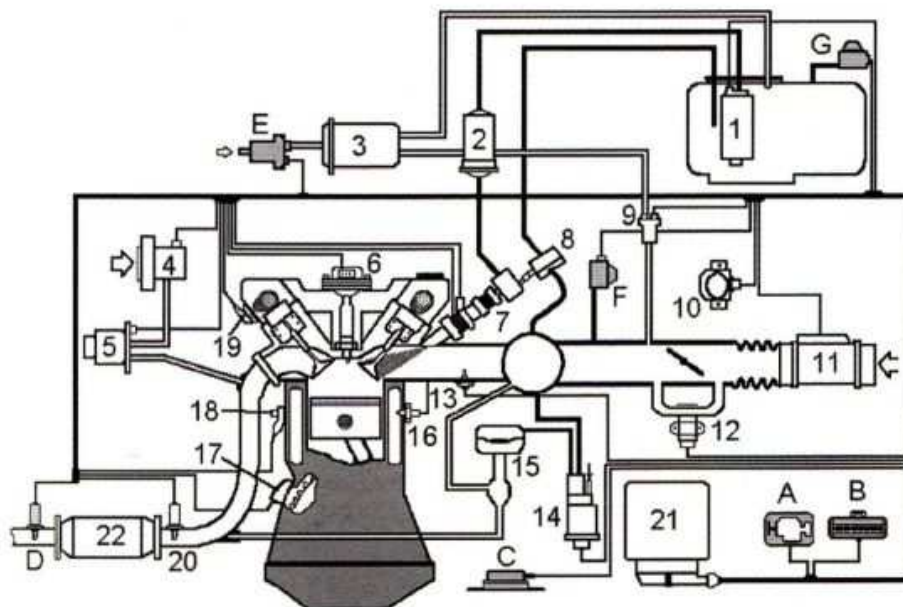
czane do sterownika tego systemu nie tylko za pośrednictwem dodatkowych podzespołów, ale również za pomocą czujników wykorzystywanych przez sterownik silnika.

System OBD nadzoruje pracę systemów sterujących pracą silników o zapłonie iskrowym oraz silników o zapłonie samoczynnym. Specyfika działania silnika o zapłonie samoczynnym wymaga stosowania odrębnych procedur diagnostycznych. Opis wszystkich procedur przeznaczonych dla silników ZS wykracza poza ramy podręcznika. Dlatego działanie systemu OBD wyjaśniono na przykładzie systemu przeznaczonego dla pojazdów wyposażonych w silnik o zapłonie iskrowym. Natomiast opis systemu D-OBD ograniczono do monitorowania filtra cząstek stałych, który nie jest wykorzystywany przez silniki ZI.

8.5.1. System OBD silników o zapłonie iskrowym

Schemat funkcjonalny układu sterowania silnikiem ZI oraz podzespoły i elementy niezbędne do prawidłowego działania systemu OBD przedstawiono na rys. 8.6.

W przedstawionym na rys. 8.6 układzie sterowania silnikiem ZI, sterownik systemu OBD w sposób ciągły lub okresowy kontroluje:



Rys. 8.6. Schemat funkcjonalny układu sterowania silnikiem ZI i systemu OBD [42]

Podzespoły układu sterującego pracą silnika

1 – pompa paliwa, 2 – filtr paliwa, 3 – pochłaniacz par paliwa z węglem aktywowanym, 4 – pompa powietrza dodatkowego do rozcieńczania spalin, 5 – zawór powietrza dodatkowego, 6 – cewka zapłonowa, 7 – wtryskiwacz, 8 – regulator ciśnienia paliwa, 9 – zawór odprowadzania par paliwa, 10 – potencjometr przepustnicy (TPS), 11 – przepływomierz masowy z gorącym drutem, 12 – obwód obejściowy regulacji biegu jałowego, 13 – termistorowy czujnik temperatury zasysanego powietrza (NTC), 14 – zawór regulacyjny podciśnienia sterującego obwodem recyrkulacji spalin, 15 – zawór recyrkulacji spalin, 16 – termistorowy czujnik temperatury silnika (NTC), 17 – czujnik prędkości obrotowej i położenia wału korbowego, 18 – czujnik spalania stukowego, 19 – czujnik położenia wałka rozrządu, 20 – sonda lambda, 21 – sterownik OBD, 22 – katalizator trójfunkcyjny;

Dodatkowe elementy systemu OBD

A – lampka kontrolna MIL, B – złącze diagnostyczne DLC, C – czujnik przyspieszenia nadwozia samochodu, D – dodatkowa sonda lambda zamontowana za katalizatorem, E – zawór blokujący przepływ w układzie odprowadzania par paliwa, F – czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym, G – różnicowy czujnik ciśnienia paliwa

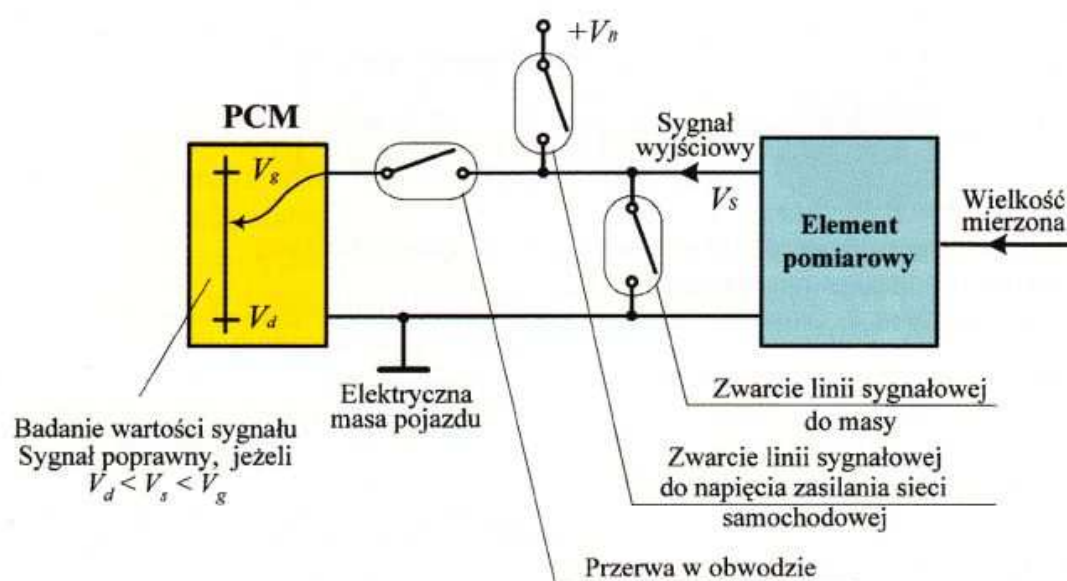
- sprawność elektryczną elementów pomiarowych i wykonawczych;
- funkcjonowanie elementów wykonawczych;
- pasywne i aktywne testy sprawności metrologicznej elementów pomiarowych;
- proces spalania w silniku, sprawdzając czy nie wypadają zapłony;
- układ zasilania paliwem oraz szczelność zbiornika paliwa;
- katalizator i sondy lambda;
- przewietrzanie skrzyni korbowej;
- układ chłodzenia.

W przypadku wykrycia usterki lub usterek sterownik generuje kod (kody błęd), który zapisuje w swojej pamięci i w celu poinformowania kierowcy o zaistnieniu usterki inicjuje świecenie lampki kontrolnej MIL. Ponadto zapamiętuje warunki pracy silnika, przy których zaistniała usterka. Informacja ta pozwala na zlokalizowanie przyczyn usterki oraz na szybkie jej usunięcie.

8.5.2. Testy diagnostyczne

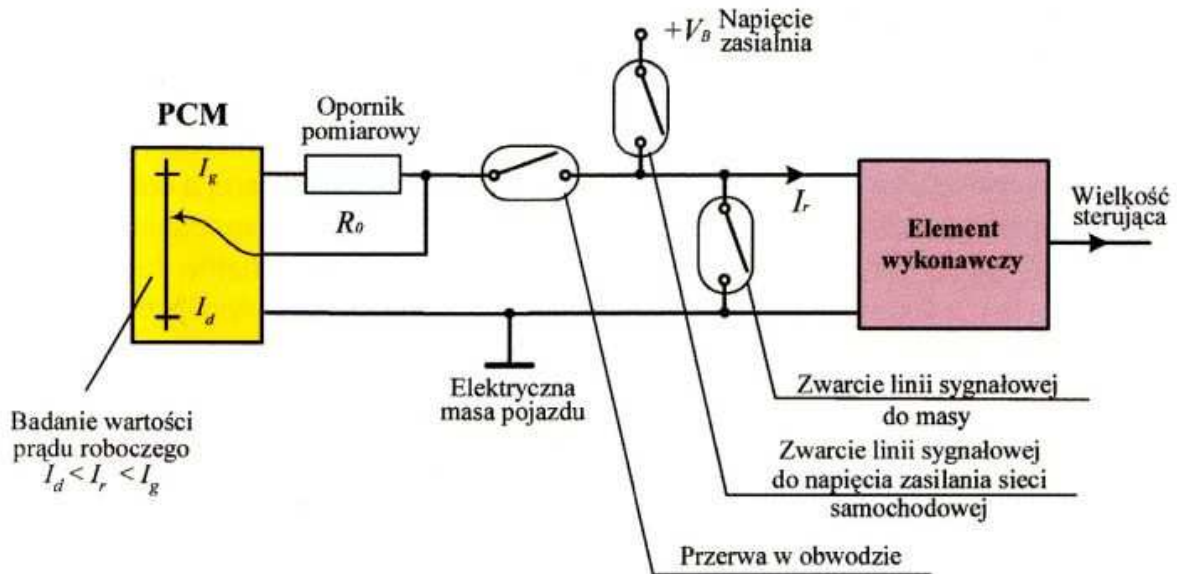
Wymienione na zakończenie poprzedniego podrozdziału testy diagnostyczne system OBD realizuje w poniższy sposób.

Test sprawności elektrycznej obejmuje sprawdzanie ciągłości obwodu pomiarowego, zwarcie linii sygnałowych czujników oraz linii zasilających elementów wykonawczych do masy pojazdu lub do napięcia zasilającego. W przypadku czujników pomiarowych w ramach testów sprawności elektrycznej system sprawdza również, czy zakres zmian sygnałów wyjściowych czujników mieści się między dolną i górną wartością graniczną określoną przez producenta czujnika. Dla elementów wykonawczych jest przeprowadzany dodatkowy test polegający na pomiarze prądu płynącego w przewodach zasilających. Sposób badania sprawności elektrycznej wyjściowego obwodu elektrycznego elementu pomiarowego oraz obwodu sterującego elementu wykonawczego pokazano na rys. 8.7 i 8.8.



Rys. 8.7. Testy sprawności wyjściowego obwodu elektrycznego elementu (czujnika) pomiarowego [33]

PCM – sterownik silnika



Rys. 8.8. Testy sprawności sterującego obwodu elektrycznego elementu wykonawczego [33]

PCM – sterownik silnika

Łączniki widoczne na rys. 8.7 są zamykane i otwierane przez sterownik OBD w celu sprawdzenia wpływu zmian prądu i napięcia linii łączącej czujnik ze sterownikiem silnika na wartość sygnału występującego na wejściu sterownika. Dołączenie wyjściowego przewodu sygnałowego czujnika do napięcia zasilającego, z prawidłowo funkcjonującym wyjściowym obwodem elektrycznym czujnika, przy zamkniętym łączniku szeregowym i otwartym łączniku równoległym, spowoduje wzrost sygnału na wejściu sterownika do poziomu napięcia zasilającego.

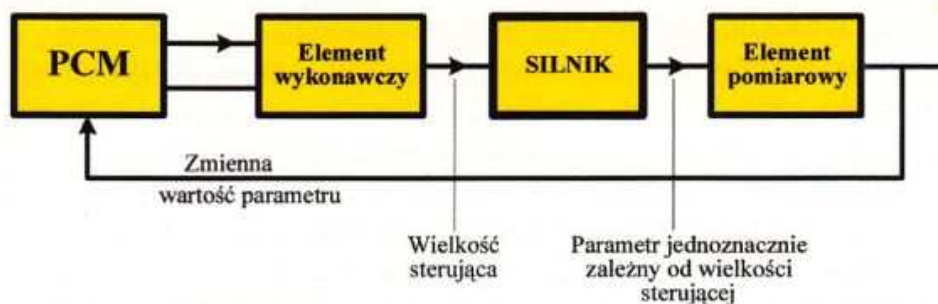
Przy otwartym łączniku równoległym i odłączonym napięciu zasilającym od linii sygnałowej otwarcie łącznika szeregowego spowoduje odłączenie przewodu sygnałowego od wejścia sterownika i zanik na tym wejściu sygnału wyjściowego czujnika. Zwarcie łącznika równoległego przy zwartym łączniku szeregowym z odłączonym od linii sygnałowej napięciem zasilającym powoduje, że sygnał wyjściowy czujnika jest zerowy, niezależnie od wartości wielkości mierzonej przez czujnik.

Podobnie jest testowany sterujący obwód elektryczny elementu wykonawczego (rys. 8.8). Przy otwartym łączniku szeregowym i odłączonym od linii sygnałowej napięciu zasilającym, w wyniku odłączenia tej linii od wyjścia sterownika silnika element wykonawczy przestaje działać, czego skutkiem może być określony stan pracy silnika. Na przykład odłączenie sygnału sterującego od wtryskiwacza paliwa powoduje niedziałanie jednego cylindra silnika.

Wpływ na stan pracy silnika może mieć również dołączenie linii sygnałowej do napięcia zasilającego – przy zamkniętym łączniku szeregowym i otwartym łączniku równoległym. Przy takim napięciu sterującym sprawny element wykonawczy może zająć skrajne położenie. Zwarcie łącznika równoległego (przy zwartym łączniku szeregowym z odłączonym od linii sterującej napięciem zasilającym) spowoduje wyzerowanie sygnału wejściowego elementu wykonawczego, którego reakcja będzie odpowiadała takiej wartości sygnału wejściowego.

System OBD testuje elementy wykonawcze funkcjonalnie, badając aktywnie ich sprawność. Badania takie polegają na wysłaniu przez sterownik do elementu sygnału sterującego o znanym przebiegu. Następnie na podstawie informacji z odpowiednich czujników sterownik analizuje reakcję elementu wykonawczego na ten sygnał. W przypadku wystąpienia dużej rozbieżności między teoretyczną a rzeczywistą reakcją elementu wykonawczego na sygnał testowy w pamięci diagnostycznej sterownika jest zapisywany odpowiedni kod błędu. Do inicjowania testów funkcjonalnych muszą być stosowane sygnały testowe nie pogarszające właściwości dynamicznych pojazdu, nie zakłócające pracy innych elementów oraz nie zwiększające zużycia paliwa oraz toksyczności spalin. Przykładem elementu wykonawczego testowanego funkcjonalnie jest siłownik elektromechaniczny zastosowany w układzie regulacji prędkości biegu jałowego. Sygnał testujący podany na wejście tego siłownika jest tak dobrany, aby zmiany prędkości obrotowej silnika w trakcie przeprowadzania testu były niezauważone przez kierowcę. W trakcie przeprowadzania testu sterownik OBD porównuje zmiany prędkości obrotowej silnika ze zmianami nastaw siłownika spowodowanymi przez sygnał testujący.

W trakcie testów funkcjonalnych elementów wykonawczych mogą być **testowane aktywne czujniki pomiarowe**, jeśli elementy te mają wpływ na wartość wielkości mierzonej. W trakcie testów aktywnych sterownik sprawdza czas reakcji czujników na zmianę stanu pracy silnika spowodowaną zmianą nastaw elementów wykonawczych, na wejściu których występuje sygnał testujący o odpowiednim przebiegu czasowym. Algorytm testu funkcjonalnego elementu wykonawczego i aktywnego testu czujnika pomiarowego przedstawiono na rys. 8.9.

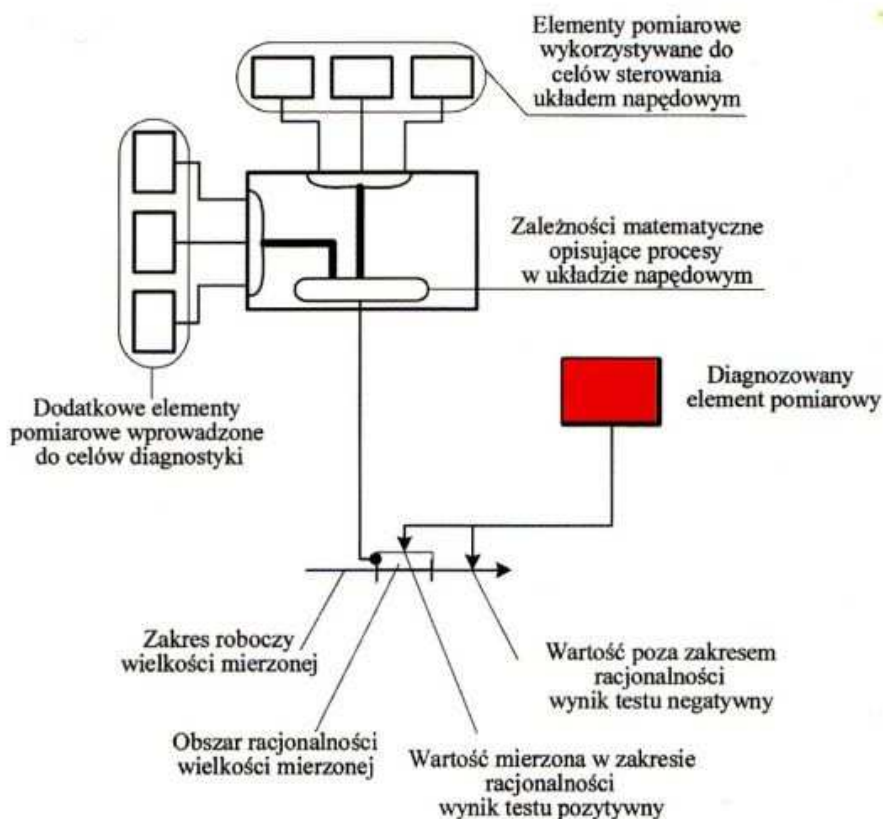


Rys. 8.9. Algorytm testu funkcjonalnego elementu wykonawczego połączony z aktywnym testem czujnika [33]

PCM – sterownik silnika

Oprócz testowania aktywnego **czujniki pomiarowe są testowane pasywnie**. Test taki polega na porównaniu sygnałów wyjściowych z wartościami wyznaczonymi teoretycznie na podstawie zależności matematycznych opisujących stan pracy układu napędowego samochodu. W przypadku rozbieżności między rzeczywistą a teoretyczną wartością sygnału wyjściowego czujnika system OBD generuje kod błędu zapisywany w pamięci diagnostycznej. Sposób realizacji pasywnej oceny sprawności czujników pomiarowych pokazano na rys. 8.10.

Oprócz wymienionych testów elektrycznych system OBD realizuje tzw. **testy emisyjne**. Pierwszym takim testem jest **ocena procesu spalania w silniku**. Test ten

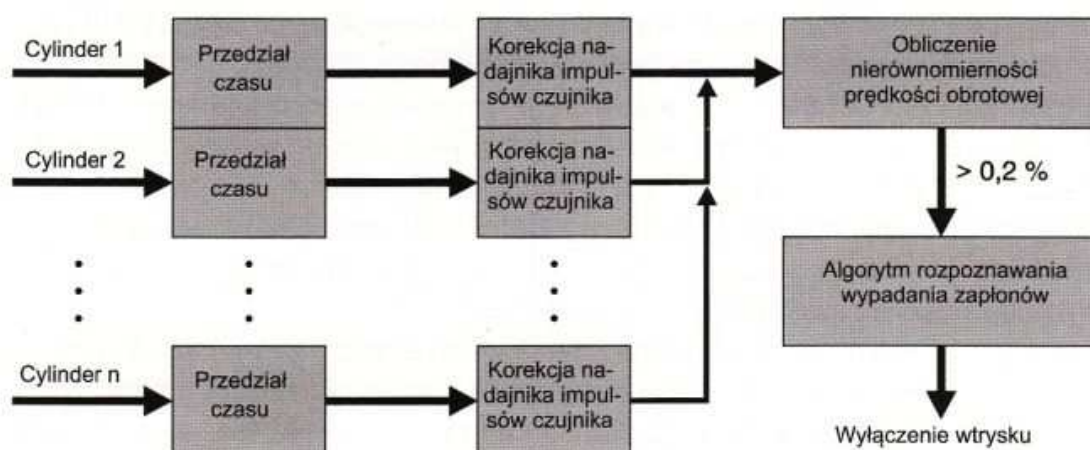


Rys. 8.10. Test pasywny czujników pomiarowych [33]

polega na rozpoznawaniu wypadania zapłonu, którego skutkiem jest brak spalania w cylindrze silnika pomimo doprowadzenia paliwa. Konsekwencją wypadania zapłonu jest duży przyrost zawartości węglowodorów w spalinach spowodowany wyrzucaniem niespalonego paliwa do układu wylotowego, gdzie jest ono spalane w katalizatorze. Skutkiem dopalania paliwa w układzie wylotowym jest wzrost temperatury katalizatora, który może być przyczyną jego uszkodzenia oraz przyczyną uszkodzenia sond lambda.

Identyfikacja wypadania zapłonów dotyczy wszystkich cylindrów, ponieważ w każdym cylindrze odbywa się spalanie mieszanki w kolejnych przedziałach czasowych. Czas ten jest wyznaczany dla każdego cylindra na podstawie sygnału wyjściowego czujnika prędkości obrotowej silnika (podrozdział 3.3.5). Przy znanej prędkości obrotowej silnika liczba impulsów tego sygnału wygenerowana przez czujnik po obrocie zadajnika o określoną liczbę zębów jest miarą czasu spalania mieszanki w każdym cylindrze. Brak suwów pracy spowodowany wypadaniem zapłonów zmniejsza prędkość obrotową wału korbowego, czego skutkiem jest wydłużenie czasu mierzonego przez sterownik i rozpoznanie wypadania zapłonów. Sposób rozpoznawania wypadania zapłonów wyjaśniono na rys. 8.11.

Z algorytmu przedstawionego na rys. 8.11 wynika, że dokładność wyznaczania nierównomierności prędkości obrotowej silnika musi być większa niż 0,2%. Uzasadnieniem tak dużej dokładności wyliczania zmian tej prędkości jest małe wydłużenie przedziałów czasowych dla każdego cylindra, które przy dużych prędkościach obrotowych nie przekracza 0,2%. Duża dokładność wyznaczania zmian prędkości silnika pozwala na odróżnienie wypadania zapłonów od wielkości zakłócających, wpływają-



Rys. 8.11. Sposób rozpoznawania wypadania zapłonów przez sterownik [48]

cych na tę prędkość, np. szarpania i drgań nadwozia spowodowanych przez nierówną nawierzchnię.

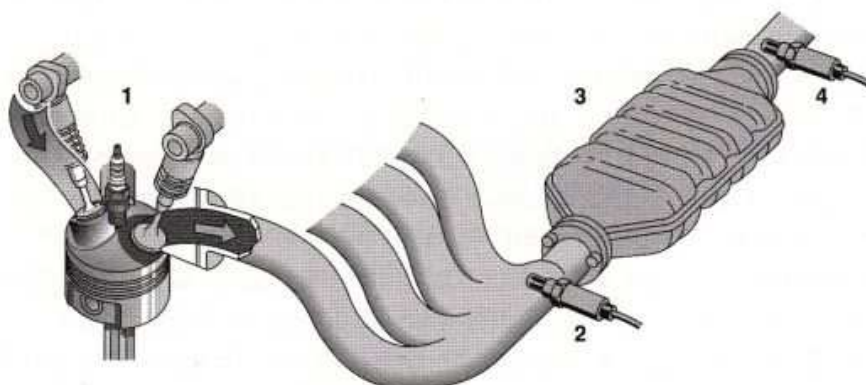
W przypadku wykrycia wypadania zapłonów sterownik przerywa wtrysk paliwa do niepracującego cylindra, aby niespalona mieszanka nie docierała do układu wylotowego.

Zadaniem drugiego zestawu testów emisyjnych jest ocena stanu technicznego sond lambda oraz katalizatora.

Układy wylotowe współczesnych pojazdów samochodowych z silnikami o zapłonie iskrowym są wyposażone w katalizator trójfunkcyjny (rys. 8.12), zwany również trójdrożnym.

Zadaniem katalizatora jest przetwarzanie szkodliwych składników, takich jak węglowodory HC, tlenek węgla CO i tlenki azotu NO_x powstających w procesie spalania mieszanki paliwowo-powietrznej, na trwałe i nietrujące związki chemiczne. Związkami takimi są para wodna H_2O , dwutlenek węgla O_2 oraz azot N_2 . Nazwa katalizatora wynika z liczby przetwarzanych szkodliwych składników spalin.

Katalizator zaczyna spełniać swoją funkcję, gdy jego temperatura przekroczy 300°C . Optymalne warunki pracy oraz największa trwałość katalizatora występuje dla przedziału temperatur $400\ldots 800^\circ\text{C}$. Zwiększenie temperatury pracy ponad $800\ldots 1000^\circ\text{C}$



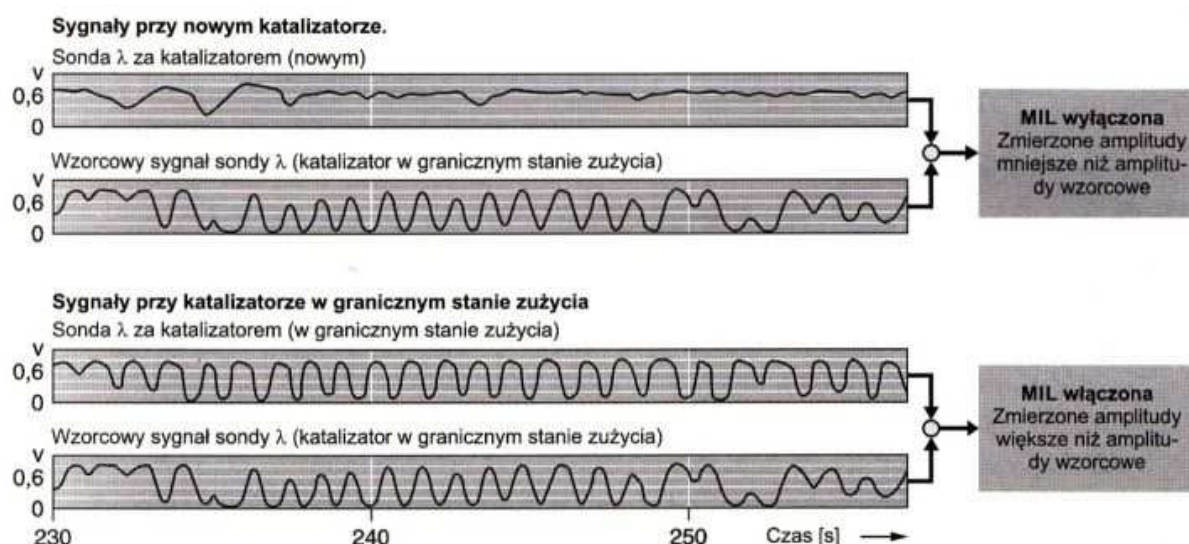
Rys. 8.12. Układ wylotowy silnika ZI z katalizatorem trójfunkcyjnym zamontowanym w pobliżu silnika [47]

1 – silnik, 2 – sonda lambda przed katalizatorem (dwustanowa lub szerokopasmowa), 3 – katalizator trójfunkcyjny, 4 – sonda lambda za katalizatorem (dwustanowa) stosowana w układach regulacji z dwiema sondami

jest przyczyną termicznego starzenia katalizatora. W temperaturze ponad 1000°C następuje intensywne starzenie termiczne i całkowity zanik skutecznego działania.

Nieprawidłowa praca silnika spowodowana np. wypadaniem zapłonów może być przyczyną przyrostu temperatury katalizatora do 1400°C. W takiej temperaturze następuje stopienie warstwy nośnej i katalizator ulega zniszczeniu. Współczesne układy sterujące pracą silników o zapłonie iskrowym rozpoznają wypadanie zapłonów i przerywają wtrysk paliwa do niepracującego cylindra. Dzięki temu niespalona mieszanka nie dociera do katalizatora.

Stan techniczny katalizatora jest oceniany na podstawie przebiegów sygnałów wyjściowych sond lambda umieszczonych przed i za katalizatorem. W trakcie pracy silnika system OBD wymusza modulowanie sygnału wyjściowego sondy przed katalizatorem na zdefiniowaną wartość amplitudy i częstotliwości, tak aby sygnał ten oscylował wokół wartości $\lambda = 1$. Spowodowane przez układ sterowania silnika wahania zawartości tlenu w spalinach są tłumione przez katalizator. Dzięki temu sygnał wyjściowy sondy znajdującej się za sprawnym katalizatorem ma małą amplitudę. Natomiast przy katalizatorze, który nie magazynuje tlenu (wskutek starzenia lub uszkodzenia) sygnał tej sondy ma dużą amplitudę (rys. 8.13).



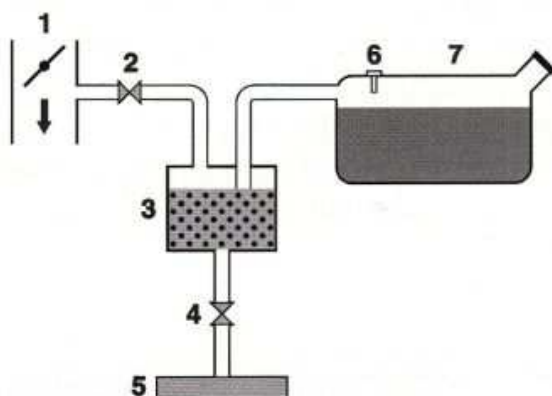
Rys. 8.13. Przebiegi sygnału wyjściowego sondy lambda za nowym oraz za zużytym katalizatorem [48]

Oprócz diagnozowania katalizatora są również sprawdzane sondy lambda. W celu oceny stanu technicznego tych sond:

- są wyznaczane wartości rezystancji wewnętrznej lub wartości napięcia wyjściowego;
- jest określana szybkość narastania sygnału wyjściowego przy zmianie składu mieszanki od bogatej do ubogiej i odwrotnie oraz jest wyznaczany czas reakcji sondy na te zmiany;
- jest sprawdzana ciągłość obwodu grzałki oraz czas podgrzewania sondy do temperatury 300°C.

Dodatkowo sygnał wyjściowy sondy wtórnej jest wykorzystywany do korekty sygnału wyjściowego sondy pierwotnej.

Wytworzenie mieszanki o optymalnym składzie zależy między innymi od stanu technicznego wtryskiwaczy oraz od szczelności układu dolotowego. Dlatego system OBD **diagnozuje układ zasilania**. W tym celu jest kontrolowana masa powietrza płynącego przez kolektor dolotowy, położenie przepustnicy i współczynnik nadmiaru powietrza λ . Wymienione parametry sterownik silnika porównuje z wartościami wyznaczonymi numerycznie dla modelu matematycznego układu sterującego jego pracą, który jest zapisany w jego pamięci. W przypadku wystąpienia drastycznych rozbieżności między danymi rzeczywistymi a teoretycznymi jest sygnalizowany błąd i zapisywany w pamięci diagnostycznej oraz jest włączana kontrolka MIL.



Rys. 8.14. Układ przewietrzania zbiornika paliwa [48]

1 – kolektor dolotowy z przepustnicą, 2 – zawór regeneracji zbiornika nazywany zaworem przewietrzającym, 3 – pochłaniacz z węglem aktywowanym, 4 – zawór przepustowy, 5 – filtr powietrza, 6 – czujnik ciśnienia w zbiorniku, 7 – zbiornik paliwa

O zanieczyszczeniu środowiska decyduje nie tylko skład spalin, lecz także nieszczelny zbiornik paliwa. Dlatego w trakcie pracy silnika (również podczas postoju samochodu) system OBD kontroluje wartość granicznej emisji par paliwa. W tym celu jest kontrolowany obwód przewietrzania zbiornika (rys. 8.14).

Podczas postoju samochodu, gdy silnik pracuje na biegu jałowym, zawór przewietrzania zbiornika 2 jest zamknięty. W celu zmniejszenia podciśnienia w zbiorniku jest otwierany zawór 4 łączący filtr z węglem aktywowanym 3 z filtrem powietrza 5. Ciśnienie w zbiorniku jest kontrolowane za pomocą czujnika ciśnienia 6. Jeśli czujnik ten wykryje, że wartość ciśnienia w zbiorniku narasta powoli, to zawór 4 jest zamy-

kany całkowicie, ponieważ system OBD będzie traktował ten zawór jako uszkodzony. Przy zamkniętym zaworze 4 ciśnienie w zbiorniku będzie narastać w wyniku odparowywania paliwa. W takiej sytuacji przyczyną braku przyrostu ciśnienia może być źle funkcjonujący zawór przewietrzania 2 lub nieszczelności samego zbiornika. Wówczas jest przeprowadzany test funkcjonowania zaworu 2. Jeśli po przeprowadzeniu tego testu i stwierdzeniu, że zawór 2 funkcjonuje prawidłowo, ciśnienie w zbiorniku ma nadal mały przyrost, system OBD sygnalizuje nieszczelność zbiornika.

Spaliny, które przez nieszczelności między tłokami a pierścieniami i gładziami cylindrów przedostają się do skrzyni korbowej, powinny być odprowadzane z tej skrzyni. Do tego jest przeznaczony **obwód przewietrzania skrzyni korbowej**. Obwód ten za pomocą separatora odprowadza spaliny ze skrzyni korbowej do kolektora dolotowego i dzięki temu zabiegowi szkodliwe węglowodory powracają do spalin.

System OBD może diagnozować obwód przewietrzania skrzyni korbowej, mierząc prędkość biegu jałowego zmieniającą się w określony sposób, gdy zawór odprowadzający spaliny ze skrzyni korbowej do kolektora jest otwarty. Zmiany tej prędkości są porównywane z wartościami obliczonymi za pomocą matematycznego modelu

układu sterowania silnikiem. Jeśli zostaną wykryte zbyt duże rozbieżności, zawór łączący skrzynię korbową i kolektor jest zamykany.

Na pracę silnika ma również wpływ **praca układu chłodzenia**. Nieprawidłowa praca tego układu może mieć wpływ na zanieczyszczenie spalin.

Układ chłodzenia funkcjonuje w małym i dużym obiegu. Mały obieg jest niezbędny przy rozruchu, w celu szybkiego nagrzewania silnika. Duży obieg funkcjonuje, gdy silnik jest nagrzany i zawór termostatu jest otwarty. Uszkodzenie lub zakleszczenie tego zaworu spowoduje nagrzewanie i powoduje wzrost emisji szkodliwych składników spalin. Dlatego praca termostatu jest kontrolowana przez system OBD. System ten testuje funkcjonowanie zaworu termostatu oraz analizuje wskazania czujnika temperatury cieczy chłodzącej.

Oprócz wymienionych testów system OBD inicjuje okresowe sprawdzanie innych układów funkcjonujących w pojazdach samochodowych i mających wpływ na zanieczyszczenie środowiska.

8.5.3. System OBD silników o zapłonie samoczynnym

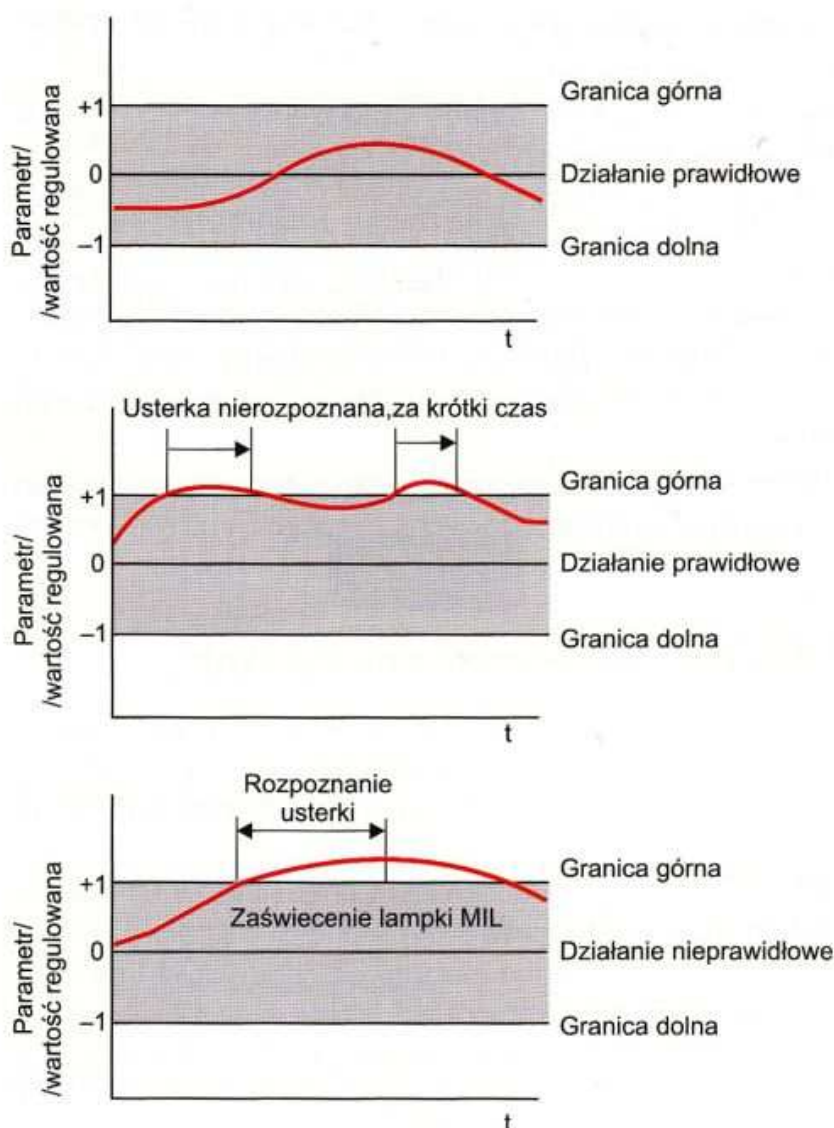
Stosowanie systemu OBD w pojazdach wyposażonych w silnik o zapłonie samoczynnym obowiązuje w Unii Europejskiej od 2005 r. System ten w konfiguracji dostosowanej do specyfiki funkcjonowania silników o zapłonie samoczynnym nosi nazwę systemu D-OBD.

Działanie systemów OBD silników o zapłonie iskrowym oraz silników o zapłonie samoczynnym opiera się na tym samym algorytmie pracy. Specyfika działania silnika o zapłonie samoczynnym spowodowała, że tylko niektóre procedury systemu OBD silników o zapłonie iskrowym można zastosować do testowania silników o zapłonie samoczynnym. Do procedur takich można zakwalifikować między innymi testy czujników, testy urządzeń wykonawczych, rozpoznawanie wypadania zapłonów, kontrolę pracy obwodu recyrkulacji spalin, testowanie obwodu odpowietrzania skrzyni korbowej, sprawdzanie funkcjonowania układu chłodzenia. Do testów typowych dla systemu D-OBD można zaliczyć sprawdzenie:

- odchyłki regulacji kąta wyprzedzenia wtrysku,
- układu wstępnego podgrzewania komór spalania silnika,
- filtra cząstek stałych.

Początek wtrysku decyduje o łatwości uruchamiania silnika ZS w różnych temperaturach, ma wpływ na sprawność silnika i zużycie paliwa oraz decyduje o zawartości szkodliwych składników w spalinach.

Kąt wyprzedzenia wtrysku w silnikach z rozdzielaczową pompą wtryskową zależy od: prędkości obrotowej silnika, temperatury cieczy chłodzącej silnik, wzniosu iglicy wtryskiwaczy oraz od dawki paliwa. Jeśli sterownik silnika wykryje duże rozbieżności między rzeczywistymi a obliczonymi teoretycznie wartościami wymienionych parametrów, system OBD sprawdza długotrwałość ich występowania. Po stwierdzeniu, że usterka taka nie jest chwilowa i ma charakter długotrwały, jej kod jest zapisywany w pamięci diagnostycznej i następuje aktywacja kontrolki MIL. Sposób kontroli pracy układu regulacji kąta wyprzedzenia wtrysku objaśniono na rys. 8.15.



Rys. 8.15. Sposób oceny stanu technicznego układu regulacji kąta wyprzedzenia wtrysku [42]

Podobnie jak w silnikach zasilanych za pośrednictwem rozdzielaczowej pompy wtryskowej jest kontrolowany układ regulacji kąta wyprzedzenia wtrysku w innych silnikach o zapłonie samoczynnym.

W obecnie produkowanych silnikach o zapłonie samoczynnym świece żarowe są przeznaczone nie tylko do wspomagania rozruchu. Świece te również podgrzewają komory spalania cylindrów nawet przez ok. 180 sekund po rozruchu silnika w temperaturze 20°C, w celu wyciszenia pracy silnika oraz zmniejszenia emisji szkodliwych składników spalin w fazie nagrzewania silnika. Fakt ten zdecydował o tym, że sprawdzenie układu sterującego pracą świec żarowych jest objęte algorytmem testów systemu D-OBD.

Układ sterujący pracą świec żarowych jest wyposażony w autonomiczny sterownik, który przed uruchomieniem silnika realizuje testy diagnostyczne. Procedury te pozwalają na indywidualne sprawdzenie obwodów wszystkich świec. Po wykryciu cylindra z uszkodzonym obwodem świecy żarowej jest sygnalizowana i zapisywana w pamięci diagnostycznej usterka, której zaistnienie może uniemożliwić urucho-

mienie silnika. Uszkodzenie co najmniej jednej świecy żarowej aktywuje również kontrolkę MIL.

W celu sprawdzenia poprawności działania świec żarowych sterownik nadzorujący ich pracę sprawdza wartość natężenia prądu płynącego w ich obwodach. Brak przepływu tego prądu świadczy o przerwaniu obwodu, a zbyt duża jego wartość – o jego zwarcie. Wykrycie zwarcia powoduje natychmiastowe przerwanie dopływu prądu do uszkodzonego obwodu.

Aby zminimalizować ilość cząstek stałych przedostających się ze spalinami do atmosfery, w układzie wylotowym samochodów z silnikiem o zapłonie samoczynnym jest stosowany filtr cząstek stałych. Do kontroli pracy tego filtra są przeznaczone czujniki ciśnienia i temperatury spalin przed i za filtrem. Analiza wartości sygnałów wyjściowych tych czujników pozwala na wykrycie zanieczyszczenia tego filtra, które jest traktowane przez system D-OBd jako usterka kwalifikująca się do zapisania w pamięci diagnostycznej. Są również uruchamiane lampka kontrolna filtra cząstek stałych oraz lampka kontrolna MIL.

8.6. Pytania i zadania

1. W jakim kraju i w którym roku wprowadzono wymóg diagnostyki układów sterujących pracą silników spalinowych?
2. Wyjaśnij znaczenie skrótów OBD I i OBD II.
3. Wyjaśnij przeznaczenie i podaj oznaczenie lampki kontrolnej MIL.
4. Jakie zadania ma system OBD II?
5. W jakich pojazdach jest wykorzystywany system D-OBd?
6. Czy system OBD III jest wdrożony w Europie?
7. Przedstaw algorytm wykrywania usterek oraz informowania o tych usterek kierowcy za pomocą lampki MIL.
8. Przedstaw sposób diagnozowania pojazdu za pomocą skanera OBD.
9. Gdzie jest zamontowane złącze OBD?
10. Narysuj złącze DLC oraz opisz przeznaczenie jego wyprowadzeń.
11. Opisz poszczególne znaki kodu usterek. Podaj przykład takiego kodu.
12. Narysuj schemat funkcjonalny układu sterowania silnikiem ZI i systemu OBD.
13. Wymień podzespoły i układy kontrolowane przez system OBD w samochodach z silnikiem ZI.
14. Opisz algorytm diagnozowania obwodu elektrycznego elementu lub czujnika pomiarowego.
15. W jaki sposób jest testowana sprawność sterującego obwodu elektrycznego elementu wykonawczego?
16. Na czym polegają testy funkcjonalne podzespołów wykonawczych i czujników pomiarowych?
17. Przedstaw algorytm testu funkcjonalnego elementu wykonawczego połączony z aktywnym testem czujnika pomiarowego.
18. Na czym polega test pasywny czujników pomiarowych?

19. Podaj sposób rozpoznawania wypadania zapłonów przez sterownik.
20. Narysuj układ wylotowy silnika ZI z katalizatorem trójfunkcyjnym. Podaj przeznaczenie sond lambda zamontowanych w tym układzie.
21. W jaki sposób jest diagnozowany stan techniczny katalizatora trójfunkcyjnego?
22. Narysuj przebiegi sygnału wyjściowego sondy lambda za nowym oraz za zużytym katalizatorem.
23. W jaki sposób są diagnozowane sondy lambda zamontowane w układzie wylotowym silnika ZI?
24. Jak jest diagnozowany obwód przewietrzania zbiornika paliwa?
25. Jak jest diagnozowany obwód przewietrzania skrzyni korbowej? Opisz przeznaczenie tego układu.
26. Podaj typowe testy dla systemu D-OBD. Od którego roku system ten musi być stosowany w pojazdach europejskich?
27. W jaki sposób jest diagnozowany układ regulacji kąta początku wtrysku silników ZS?
28. Podaj sposób diagnozowania układu sterującego pracą świec żarowych.
29. Podaj przeznaczenie oraz sposób diagnozowania filtra cząstek stałych.