

## WPROWADZENIE DO POKŁADOWEGO DIAGNOZOWANIA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Marek JANKOWSKI

Instytut Techniki, Akademia Bydgoska im. Kazimierza Wielkiego  
ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz, e-mail: jankowski@werther.pl

### Streszczenie

W artykule scharakteryzowano, na przykładzie silnika spalinowego, sterowanie pracą zespołów samochodu z uwzględnieniem kryteriów ekologicznych i bezpieczeństwa. Przedstawiono istotę modułu samodiagnozowania oraz cechy funkcjonalne zewnętrznych urządzeń wspomagających diagnozowanie. Podano podstawowe kierunki rozwojowe w aspekcie unifikacji i prędkości przekazywania informacji.

Słowa kluczowe: diagnozowanie pokładowe, pojazdy samochodowe, OBD, protokoły transmisji

### INTRODUCION OF VEHICLES ON BOARD DIAGNOSIS

#### Summary

Using the example of the combustion engine, the article discusses how the operation of car systems is controlled, including environmental and safety criteria. The general idea of a self-checking module and functionalities of external support devices are presented. Key trends in information unification and communication speed are presented as well.

Keywords: on board diagnosis, vehicle, OBD, data protocols

## 1. WSTĘP

Pojazd samochodowy jest obiektem technicznym złożonym, o stosunkowo dojrzałej konstrukcji i wykonywany w zaawansowanych technologiach, gwarantujących stosunkowo dużą niezawodność funkcjonowania i trwałość.

Rozwój konstrukcji silników spalinowych, które stanowią podstawowy rodzaj napędu, związany jest z coraz bardziej rygorystycznymi normami ograniczającymi emisję substancji toksycznych do otoczenia.

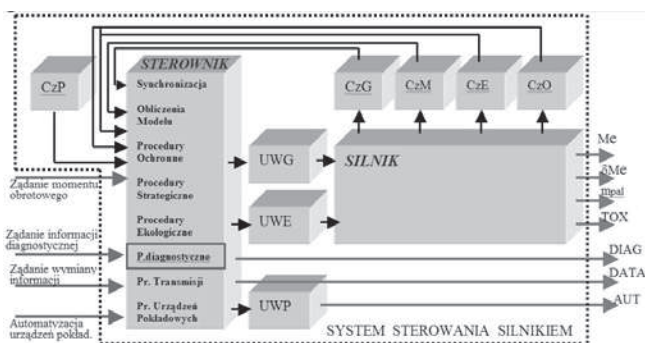
W budowie pojazdów zaimplementowano elektroniczne, inteligentne układy sterujące jego pracą. Wymagania dotyczące nadzoru stanu technicznego obwarowane są przede wszystkim względami ekologicznymi i bezpieczeństwa. Przykładowy schemat struktury sterownika, wraz z oznaczeniem modułu diagnostycznego i złączami komunikacyjnymi przytoczono na rys.1. Pojazdy samochodowe doczekały się pokładowych systemów diagnozowania (On Board Diagnosis).

## 2. ROZWÓJ UKŁADÓW SAMODIAGNOZY

Gwałtowny rozwój motoryzacji i odejście od gaźnikowych układów zasilania postawiły producentów pojazdów przed koniecznością stosowania elektronicznych sterowników zespołów mechanicznych. Zaczęto wprowadzać układy

elektroniczne sterujące pracą silnika (ECU, z ang. Electronic Control Unit). Nastąpiła również konieczność budowy instrumentów służących do diagnozy i naprawy takich układów. Każdy z producentów zastosował własne niezależne protokoły komunikacyjne i sterowniki co w znacznym stopniu uniemożliwiało dostęp do informacji. Do usystematyzowania metod i środków diagnozowania przyczyniły się szczególnie względy ekologiczne, a dokładnie Kalifornijska Rada ds. Zasobów Powietrza (ang. California Air Resources Board, w skrócie CARB). Wprowadziła ona przepisy zakładające przeprowadzanie przez pojazd własnej diagnozy pokładowej (ang. On Board Diagnosis, w skrócie OBD). Podstawowym celem diagnozowania pokładowego była kontrola emisji toksycznych składników spalin. Te znormalizowane przepisy nazywane są obecnie normą OBD 1. Wszystkie auta podlegające homologacji od 1988 roku w USA musiały posiadać układ diagnozowania pokładowego standardu OBD 1. W roku 1994 norma ta została zastąpiona OBD 2. Szczegółowe wymagania dotyczące protokołów transmisji, wymiany danych czy nawet miejsce montażu złącza diagnostycznego zostały określone przez SAE (ang. Society of Automobile Engineers – Stowarzyszenie Inżynierów Techniki Samochodowej). Nowa norma wprowadziła dodatkową kontrolkę na desce rozdzielczej pojazdu sygnalizującą

nieprawidłowości w układzie zespołu napędowego (tzw. MIL z ang. malfunction indicator led), wprowadziła funkcje kontrolujące emisje szkodliwych składników spalin powyżej wartości dopuszczalnych, rejestrację warunków pracy w momencie wystąpienia usterki i zapisanie kodów usterek w sterowniku. Od roku 1996 wszystkie samochody homologowane w USA, napędzane silnikiem ZI musiały być wyposażone w OBD, zaś od 1997 także pojazdy z silnikami o ZS. W roku 2000 wprowadzono standard europejski EOBD. System EOBD jest odpowiednikiem amerykańskiego OBD II.



Rys. 1. Schemat sterowania silnikiem ZI; UWG- podstawowe układy wykonawcze (wtrysk, zapłon, napełnianie), UWE - grupa układów wykonawczych odpowiedzialnych za ograniczenie emisji substancji toksycznych (zawór recyrkulacji spalin, zawór upustu par paliwa ze zbiornika z węglem aktywowanym, pompa powietrza dodatkowego oraz zawór powietrza dodatkowego), UWP - grupa pokładowych układów wykonawczych (przeznaczonych do automatyzacji układów silnikowych lub obsługi wybranych urządzeń pokładowych), CzG – czujniki synchronizacji sygnałów sterujących (GMP), CzP – czujniki pozasilnikowe, CzM – czujniki modelowe (przepływomierz powietrza, czujnik temperatury powietrza, cieczy chłodzącej, itd.), CzE – czujniki dostarczające informacji ułatwiających sterowanie urządzeniami proekologicznymi (czujniki składu spalin, czujnik ciśnienia par paliwa), CzO czujniki dostarczające informacje o chronionych elementach (czujnik spalania stukowego, czujnik temperatury spalin), Me – moment użyteczny silnika,  $\sigma$ Me - odchylenie standardowe momentu użytecznego silnika,  $m_{pal}$  - masa paliwa zużywana podczas trwania kolejnego cyklu obliczeniowego, TOX - poziom emisji toksycznych składników spalin, AUT - sygnały sterujące urządzeniami grupy UWP, DATA - sygnały wymieniane z pozostałymi uczestnikami sieci pokładowej, DIAG - informacje diagnostyczne do lampki ostrzegawczej i warsztatowych urządzeń zewnętrznych.

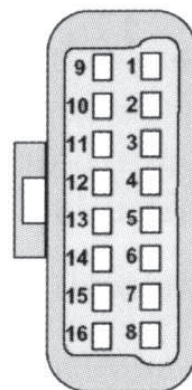
W praktyce system OBD II (EOBD) obowiązkowo posiadają auta z silnikiem o zapłonie iskrowym:

- sprzedawane po 1 stycznia 1996 roku w USA
- sprzedawane po 1 stycznia 2001 roku w UE

- sprzedawane po 1 stycznia 2002 roku w Polsce
- oraz auta z silnikiem o zapłonie samoczynnym sprzedawane po 1 stycznia 2003.

### 3. ZŁĄCZA I PROTOKOŁY

W systemach diagnostyki pokładowej stosowana jest szeroka gama gniazd do połączenia z zewnętrznym skanerem. Standard OBD II/ EOBD znormalizował budowę takiego gniazda zgodnie z tab.1. Przyjęto stosowanie transmisji cyfrowej szeregowej.



Rys.2. Układ styków gniazda OBDII/EOBD

Tab.1. Znaczenie styków gniazda diagnostycznego OBDII/EOBD

Nr pin	Opis
7 i 15	Transmisja danych wg normy ISO 9141-2 K i ISO/DIS 14230-4
2 i 10	Transmisja danych wg normy SAE J1850
1,3,8,9,11,12,13	Indywidualne zastosowanie producentów
4	Masa nadwozia samochodu
5	Masa sygnałowa
6	Transmisja danych wg. normy ISO 11898 – sygnał CAN „wysoki”
14	Transmisja danych wg. normy ISO 11898 – sygnał CAN „niski”
16	Napięcie z zacisku „+” akumulatora

Do styków o numerach 1, 8, 9, 13 mogą być dołączane przewody linii K lub L innych sterowników nie związanych z silnikiem, np. poduszki powietrznych, ABS. Styki 3,11,13 przyjęto wykorzystywać jako miejsca przyłączenia sterowników wymieniających ze sobą informacje.

Norma ISO określa 5 dopuszczalnych protokołów transmisji. Poszczególne modele i marki aut zaimplementowały mają jeden z nich. Czasami w jednym modelu pojazdu można spotkać kilka różnych protokołów w zależności od zastosowanego sterownika.

Tab.2. Protokoły komunikacyjne EOBD

Nazwa	Norma	Prędkość transmisji	Używane piny	Marki pojazdów
PWM	SAE J1850	41,6 kB/s	2,4,5,10,16	Ford
VPW	SAE J1851	10,4 kB/s	2,4,5,16	GM, Chrysler
ISO 9141-2	ISO DIS 9141-2		4,5,7,15,16	Europejskie Azjatyckie
KWP 2000	ISO 14230-4		4,5,7,15,16	Europejskie
CAN	ISO DIS 15765-4	250kB/S 500kB/s	4,5,6,14,16	

#### 4. TRYBY EOBD

Tryby pracy zewnętrznego urządzenia testującego jak i sposób prezentacji danych ściśle określa norma ISO 15031-5. Są to kolejno:

##### 4.1. Tryb 1

W tym trybie urządzenie diagnostyczne odczytuje bieżące wartości parametrów zespołu napędowego.



Rys.3. Przykładowa prezentacja danych w trybie 1

##### 4.2. Tryb 2

Określa warunki pracy zespołu napędowego w momencie wystąpienia usterki. Tzw. błędy zamrożone. Sterownik silnika pojazdu pamięta kod pierwszej usterki i warunki pracy pojazdu podczas jej wystąpienia. Bardziej zaawansowane systemy potrafią zapamiętać kilka usterek.

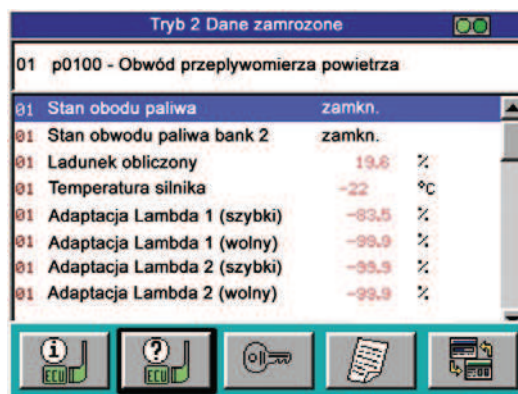
##### 4.3. Tryb 3

Odczyt kodów usterek. Sterownik informuje o potwierdzonych usterekach mających wpływ na wzrost emisji toksycznych składników spalin. Oznaczenie kodu usterki składa się 5 znaków. Pierwsza litera określa miejsce usterki:

- B – (z ang. body) nadwozie;
- C – (z ang. chasis) podwozie;
- P – (z ang. powertrain) zespół napędowy;

U – sieć wymiany danych.

Kolejny znak to cyfry 1-4 identyfikujące typ kodu usterki. Kody zaczynające się oznaczeniem P0 określone są przez normy ISO 15031-6 i SAE J2012 i dzięki temu identyczne dla wszystkich marek pojazdów. Pozostałe kody nie są ustandaryzowane i w przypadku różnych marek informują o różnych uszkodzeniach.



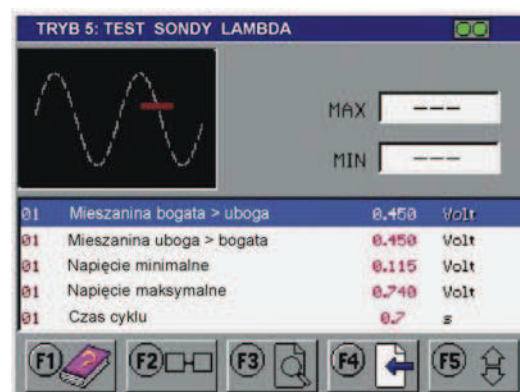
Rys.4. Przykładowa prezentacja danych w trybie 2

##### 4.4. Tryb 4

W trybie 4 diagnostyk kasuje kody usterek oraz informacje z nimi związane. Niektóre kody usterek wygaszane są przez sterownik automatycznie po wykonaniu pewnej ilości cykli jezdnych.

##### 4.5 Tryb 5

Odczyt wartości sygnału sondy lambda



Rys. 5. Przykładowa prezentacja danych trybu 5

Testery wyższej klasy potrafią same porównać przebieg z wzorcowy z rzeczywistym podając niezgodne parametry.

##### 4.6. Tryb 6

Odczyt wyników testów okresowych przeprowadzanych przez sterownik. Specyfika zależy od producenta.

#### 4.7. Tryb 7

Odczyt usterek wątpliwych. W przypadku wystąpienia niewielkiego uszkodzenia powodującego wzrost emisji toksycznych składników spalin sterownik określa prawdopodobne miejsce wystąpienia usterki.

#### 4.8. Tryb 8

Test elementów wykonawczych. Ilość i rodzaj dostępnych testów zależy od producenta pojazdu. Test zespołów wykonawczych pozwala na:

- programowe wymuszanie pracy elementów typu: elektrozawory (wtryskiwacz), układ zapłonowy (generacja zapłonów), sterowanie silników krokowych,
- obserwację prawidłowości pracy sterowanych zespołów i kontrolę obwodów elektrycznych.

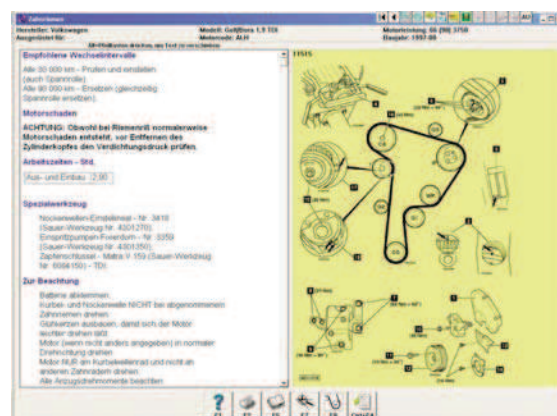
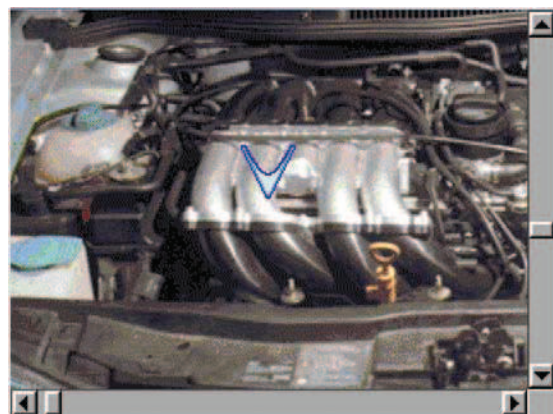
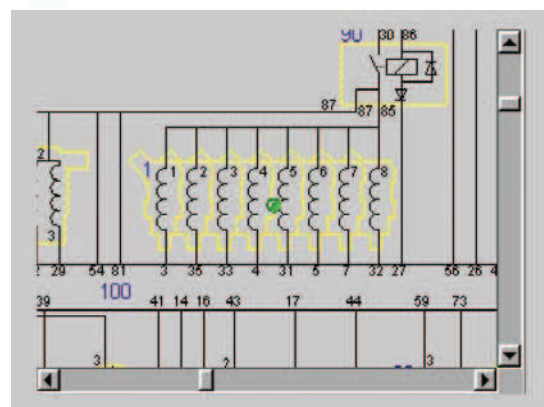
#### 4.9. Tryb 9

Pozwala na odczyt informacji o pojeździe zakodowanych w sterowniku. Są to w zależności od producenta numery fabryczne pojazdu, numery kluczyków, faktyczny przebieg pojazdu itd.

#### 4.10. Dodatkowe możliwości

Pomimo informacji jakie daje standardowa diagnoza EOBD jest zdecydowanie niewystarczająca dla potrzeb diagnostyki pojazdowej. Diagnostyka pod kątem emisji spalin nie pozwala na „głębszą” ingerencję w sterownik jak i diagnozowanie poszczególnych układów i elementów wykonawczych. Ponadto znakomitą większość aut poruszających się po drogach stanowią obecnie pojazdy wyprodukowane przed 2001 rokiem, w których nie został zaimplementowany standard EOBD, gdyż nie było stosownych przepisów. Z tych właśnie powodów do niedawna konieczne było posiadanie drogich testerów fabrycznych obsługujących jedną markę pojazdów. Powstanie testerów uniwersalnych i współpraca na linii producenci aut – producenci sprzętu diagnostycznego pozwoliła na włączenie usług stacjom nieautoryzowanym przez producentów samochodów. Funkcje diagnostyczne daleko wykraczające poza EOBD pozwoliły na naprawę aut starszych oraz innych systemów jak ABS, kontrola trakcji, klimatyzacja itd. Do tego celu jednak nie wystarcza prosty przewód EOBD. Do samochodów starszych stosuje się szereg wtyczek pozwalających podpiąć się pod specyficzne złącza diagnostyczne danej marki zaś diagnozę wszystkich nowszych aut umożliwia specjalny układ przełącznika elektronicznego kluczący linie sygnałowe podczas komunikacji.

### 5. ROLA INFORMACJI W DIAGNOSTYCE POJAZDOWEJ



Rys. 6. Oprogramowanie AVL Infodata

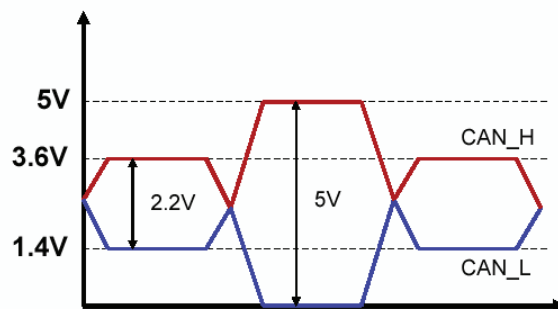
Bardzo ważną rolę w systemach diagnostycznych pełni zintegrowany system informacyjny pozwalający na dostęp do szczegółowych danych na temat diagnozowanego układu. Diagnostyki zaawansowane potrafią współpracować także z oprogramowaniem innych producentów. Przykładowo firma AVL DiTest implementując w swych urządzeniach strukturę sieci informatycznej pozwalającej na współpracę wszystkich urządzeń diagnostycznych w warsztacie ze sobą i z oprogramowaniem biznesowym. Taka filozofia ma na celu szybką wymianę informacji, archiwizację i dostęp do danych oraz korzystanie przez urządzenia diagnostyczne z odległych baz danych za pośrednictwem Internetu.

W skanerze ręcznym AVL DiScan 8000 oprogramowanie Infodata zawiera dane porównawcze, nastawcze, techniczne oraz opisy, schematy, zdjęcia, i wzorcowe przebiegi w ujęciu elementarnym jak i całościowym wszystkich obsługiwanych systemów. Oprogramowanie dostarczane jest na karcie pamięci SMART kompatybilnej z czytnikami stosowanymi w komputerach PC. Rozwiązanie to pozwala na łatwą wymianę danych pomiędzy diagnostyką a komputerem oraz odciąża zasoby pamięciowe diagnostyki. Oprogramowanie Infodata można także (podobnie jak oprogramowanie diagnostyczne) uaktualniać poprzez Internet podłączając urządzenie do komputera PC za pomocą przewodu szeregowego lub USB.

## 6. PRAWDOPODOBNE ROZWIĄZANIA PRZYSZŁOŚCIOWE

Historia stosowania protokołów komunikacyjnych przedstawia się bardzo różnorodnie w zależności od roku i marki, przykład tab. Trendy na przyszłość jak i nowe przepisy zmierzają w kierunku całkowitego ujednoczenia. Od roku 2008 wszystkie auta będą wyposażone w diagnostykę CAN. Idea tego protokołu powstała w późnych latach 80 tych. Jako pierwsza uzyskała licencje i zaprezentowała sieć CAN w roku 1987 roku firma Intel. Pierwszym pojazdem wyposażonym w sieć CAN był Mercedes klasy S z 1991 roku. Tego samego roku powstała także nowa specyfikacja ISO 11898-2 zakładająca dwa rodzaje protokołów ze standardowym nagłówkiem 11 bitowym i z nagłówkiem rozszerzonym 29 bitowym. Komunikacja CAN odbywa się za pomocą jednego nie ekranowanego przewodu z prędkością 33,3 kB/s lub 83,33 kB/s (tzw. high speed). Maksymalna długość takiej szyny to 40 m co w pełni wystarcza na okablowanie pojazdu. Nowa specyfikacja CAN zakłada dwa poziomy logiczne niski (CAN\_L) odpowiada napięciu 1,4 V zaś wysoki (CAN\_H) 3,6 V. W praktyce jednak poziomy napięć 0 –2,2 V traktowane są jako stan niski a od 2,2 V do 5V jako stan wysoki. Ta cecha charakteryzuje CAN jako sieć bardzo odporna na

zakłócenia co przy tych prędkościach transmisji ma istotne znaczenia.



Rys.7. Poziomy logiczne CAN

Kolejnym krokiem ma być standard OBD3. Obecnie w Kalifornii CARB testuje nowy system. W wydzielonym obszarze zainstalowano przydrożne odbiorniki komunikujące się z pojazdami. Testy komunikacji wykazały że jeden nadajnik potrafi czytywać dane z pojazdów jadących ośmioma pasami z prędkością 160 km/h w odległości 10 cm jeden od drugiego. Są też koncepcje wykorzystania sieci GSM lub przekazu satelitarnego. Nowy system pozwalałby na kontrolę pojazdów przejeżdżających ulicą i informowanie służb porządkowych. Wprowadzenie takich rozwiązań w życie blokują jednak przepisy dotyczące wolności obywatelskich.

## LITERATURA

- [1] Merkisz J., Mazurek S.: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. WKŁ, Warszawa 2004.
- [2] Lupini A.,C.: Multiplex Bus Progression. SAE Technical Paper Series 2003-01-0111
- [3] Stephenson S.: The future of diagnostic tools. Motor Age, Feb, 2004.
- [4] AVL DiTest. Materiały informacyjne. Graz 2005.