

Marek FLEKIEWICZ

ZASILANIE PALIWAMI GAZOWYMI A SYSTEMY OBD – część I

Streszczenie. Celem niniejszego opracowania jest określenie wpływu alternatywnego zasilania paliwem gazowym na pracę systemu diagnostyki pokładowej – OBD. Przedstawiono i omówiono wyniki badań przeprowadzonych na hamowni podwoziowej dla samochodów zasilanych alternatywnie paliwem gazowym i benzyną. W wyniku porównania uzyskanych wyników wskazano na te zmiany, które mogą w zasadniczy sposób wpływać na prawidłową pracę systemu OBD w badanych pojazdach.

INFLUENCE OF USING ALTERNATIVE GASOUS FUELS ON OBD SYSTEM – Part I

Summary. Determining the influence of alternative gas fuelling on onboard diagnostic system was the main goal of this study. The results of chassis dynamometer tests on cars powered by petrol and LPG were presented and discussed. As a result of comparison changes may have significant influence on onboard diagnostic system were indicated.

WPROWADZENIE

Dyrektywa 70/220/EEC Europejskiej Komisji Gospodarczej zobowiązuje producentów pojazdów do wyposażania ich w systemy diagnostyki pokładowej – OBDII, ustalając następujący harmonogram:

- od dnia 1 stycznia 2000 roku pojazdy kategorii M_1 i N_1 ,
- od dnia 1 stycznia 2001 roku pojazdy pozostałych kategorii.

Dyrektywa ta rozszerza również obowiązek na pojazdy zasilane paliwami alternatywnymi, a w szczególności mieszaniną propanu-butanu (LPG) i gazem ziemnym (NG), uwzględniając przy tym trzy możliwe systemy zasilania:

- a) wyłącznie paliwem benzynowym,
- b) wyłącznie paliwem gazowym,
- c) dwupaliwowo, tj. alternatywnie paliwem benzynowym lub gazowym.

Dla pojazdów zasilanych wyłącznie paliwem gazowym i alternatywnie benzynowym lub gazowym dyrektywa określa następujący harmonogram wprowadzania przez producentów systemów diagnostyki pokładowej:

- pojazdy kategorii $M_1 \leq 2500$ kg i klasy I w kategorii N_1 dla pojazdów wytwarzanych od 1 stycznia 2003,
- pojazdy kategorii $M_1 > 2500$ kg i klas II i III kategorii N_1 od 1 stycznia 2006,
- pojazdy pozostałych kategorii od 1 stycznia 2007.

Postanowienia te stanowiły podstawę badań, których zasadniczym celem było sprawdzenie poprawności pracy systemu diagnostyki pokładowej pojazdów, których silniki zasilano alternatywnie benzyną lub mieszaniną propanu-butanu.

OBIEKTY BADAŃ I PRZEBIEG BADAŃ

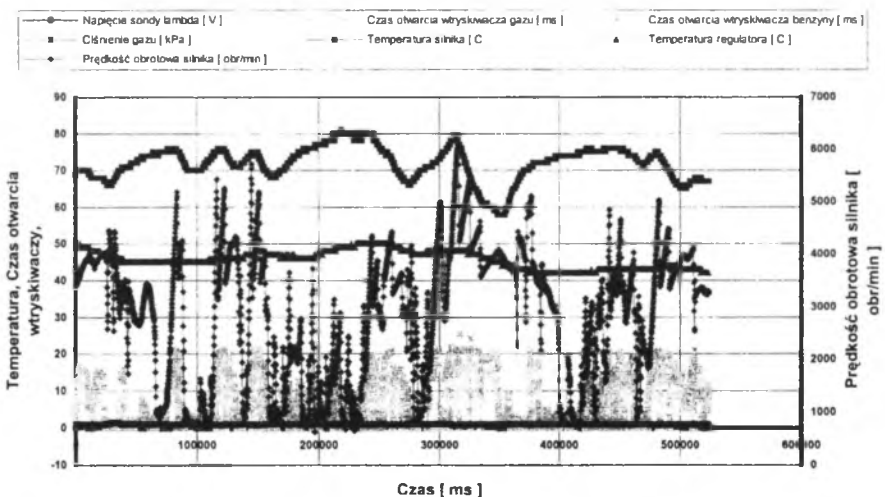
W badaniach wykorzystano kilka egzemplarzy samochodów marki FIAT Stilo 1,6 i Palio 1,2 oraz marki HONDA Civic 1,4. Samochody miały fabrycznie zabudowane systemy diagnostyki pokładowej oraz były przystosowane do zasilania alternatywnego paliwem gazowym, mieszaniną propanu-butanu. Zasilanie paliwem gazowym realizowane było za pomocą sekwencyjnego, fazowanego wtrysku gazu w fazie odparowanej. Systemy te oprogramowano zgodnie z zaleceniami ich producenta, tj. firmy Tartarini Auto, weryfikując poprawność ich pracy poprzez ocenę:

- stosunku ilości powietrza do paliwa, A/F,
- mocy rozwijanej przez silnik samochodu w czasie pomiaru na hamowni podwoziowej.

Tak przygotowane samochody poddano badaniom na hamowni podwoziowej. Podczas tych badań mierzono i rejestrowano między innymi takie parametry, jak: prędkość obrotową silnika, temperaturę silnika, temperaturę regulatora ciśnienia gazu, ciśnienie gazu, czas otwarcia wtryskiwaczy benzyny oraz gazu, napięcie sondy lambda umieszczonej przed i za katalizatorem, położenie przepustnicy, ciśnienie bezwzględne w kolektorze dolotowym, moc silnika oraz prędkość samochodu.

Do pomiarów i rejestracji wykorzystano trzy niezależne od siebie układy. Pierwszy z nich prowadził rejestrację wszystkich parametrów za pośrednictwem złącza komunikacyjnego z urządzeniem sterującym czasem otwarcia wtryskiwacza benzynowego, drugi za pomocą złącza komunikacyjnego urządzenia sterującego wtryskiwaczem gazu, natomiast w trzecim układzie wykorzystano kartę akwizycji danych i oprogramowanie systemu dSpace. Ostatni z systemów zapewniał niezależny pomiar oraz rejestrację mierzonych parametrów. Celem wykorzystanego sposobu pomiarów i rejestracji za pośrednictwem trzech układów było sprawdzenie, czy:

- urządzenia odpowiedzialne za ustalanie czasu otwarcia wtryskiwaczy, wykorzystujące w swej pracy te same czujniki i przetworniki otrzymują taką samą informację o stanie pracy silnika,
- informacja ta nie jest obciążona istotnymi błędami.



Rys. 1. Przebieg wybranych wielkości mierzonych w trakcie badań

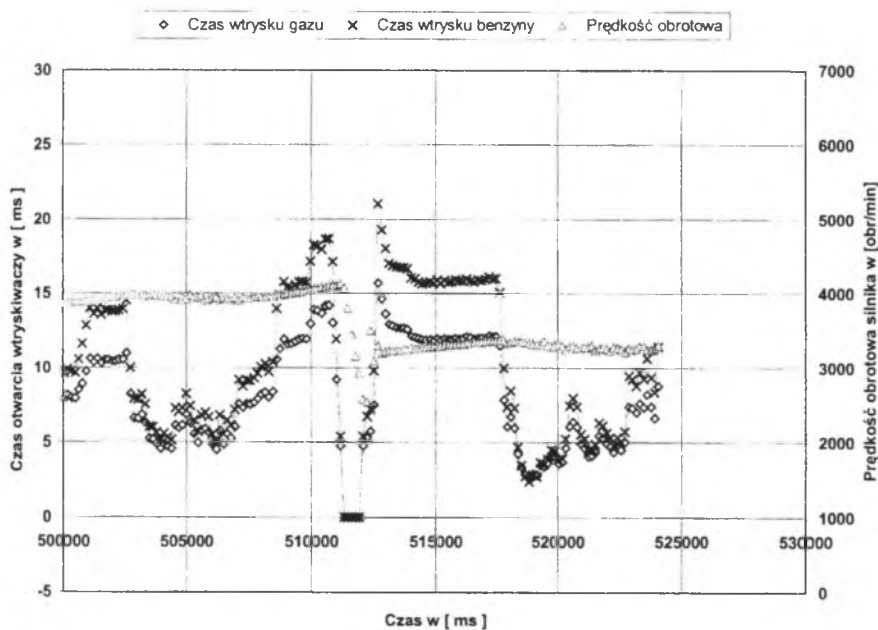
Fig. 1. Traces of chosen parameters measured during tests

Standardowe urządzenia wykorzystane do pomiarów i rejestracji to między innymi Examiner II – urządzenie zalecane przez firmę FIAT, KTS 520 – firmy Bosch oraz system diagnostyczny firmy Brain Bee. Wszystkie wyniki rejestrowano na komputerze przenośnym. Przykład zarejestrowanych zmian mierzonych parametrów w funkcji czasu przedstawiają rysunki 1 i 2

WYNIKI BADAŃ NA HAMOWNI PODWOZIOWEJ FLA 203

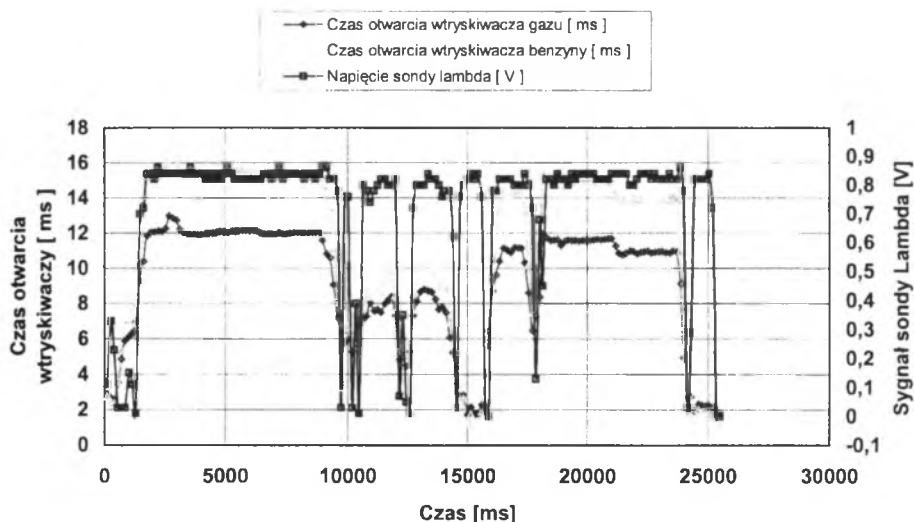
Badania przeprowadzone na hamowni podwozowej miały na celu:

- 1) ustalenie zależności mocy silnika badanego samochodu od ciśnienia w układzie dolotowym, kąta otwarcia przepustnicy i prędkości samochodu rozwijanej na trzecim i czwartym biegu. Uzyskane wyniki pozwalały na identyfikację obciążeń silnika w zaplanowanych w następnej kolejności badaniach drogowych;
- 2) określenie przebiegu zmian sygnału sondy lambda oraz czasu otwarcia wtryskiwaczy dla wybranych stałych obciążeń silnika oraz jego biegu jałowego.



Rys. 2. Przebieg prędkości obrotowej oraz czasu otwarcia wtryskiwaczy gazowego i benzynowego w czasie badań samochodu marki FIAT Stilo 1,6

Fig. 2. Trace of engine speed, gas and petrol injection time during FIAT Stilo 1,6 chassis dynamometer tests



Rys. 3. Przebiegi zmian czasu otwarcia wtryskiwaczy gazu i benzyny oraz sygnału sondy Lambda dla samochodu marki FIAT Stilo 1,6

Fig. 3. Traces of gas and petrol injection time and oxygen sensor signal of Fiat Stilo 1,6

Wyniki pomiarów uzyskane dla wybranych obciążeń silnika i odpowiadających im prędkości samochodu marki Honda Civic 1,4 na hamowni przedstawiono w tabelicy 1. Natomiast w tabelicy 2 zestawiono wyniki pomiarów uzyskane dla samochodu marki FIAT Stilo 1,6 w trakcie pracy silnika na biegu jałowym. Maksymalna moc uzyskana przez silnik samochodu marki FIAT Stilo 1,6 i maksymalna prędkość rozwinięta na hamowni na biegu bezpośrednim wynosiły odpowiednio, podczas zasilania benzyną 81,4 kW i 148 km/h i podczas zasilania paliwem gazowym, LPG 78,7 kW i 150,5 km/h. Analizie poddano głównie wyniki uzyskane dla obciążeń częściowych silnika, gdyż w tych zakresach obciążeń występują zasadnicze różnice w szybkości zmian sygnału sondy lambda.

Chwilowe wartości współczynnika A/F stanowiły podstawę do przeprowadzenia obliczeń jego wartości średniej i odchylenia standardowego. Obliczenia te przeprowadzono wykorzystując zależność przedstawioną w [5]. Czas oscylacji sygnału sondy lambda określono dla każdego z obciążeń na podstawie średniej obejmującej dziesięć kolejnych okresów.

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono natomiast fragmenty zarejestrowanych przebiegów czasu otwarcia wtryskiwacza i sygnału sondy lambda. Uzyskane wyniki umożliwiły wyznaczenie i porównanie granic adaptacji czasu otwarcia wtryskiwacza w zależności od zawartości tlenu w spalninach silnika zasilanego benzyną i paliwem gazowym, LPG. Przykład przebiegów, na podstawie których wyznaczono granice adaptacji dla silnika samochodu FIAT Stilo 1,6, przedstawiono na rysunku 4. Do wyznaczenia granicy adaptacji wykorzystano punkty przebiegu zależności czasu otwarcia wtryskiwacza od czasu, tzn. te punkty, w których widoczne było rozpoczęcie działania układu PID. Korzystając z równolegle zapisanej zależności sygnału sondy lambda funkcji czasu określono na nim punkty odpowiadające napięciu przełączania.

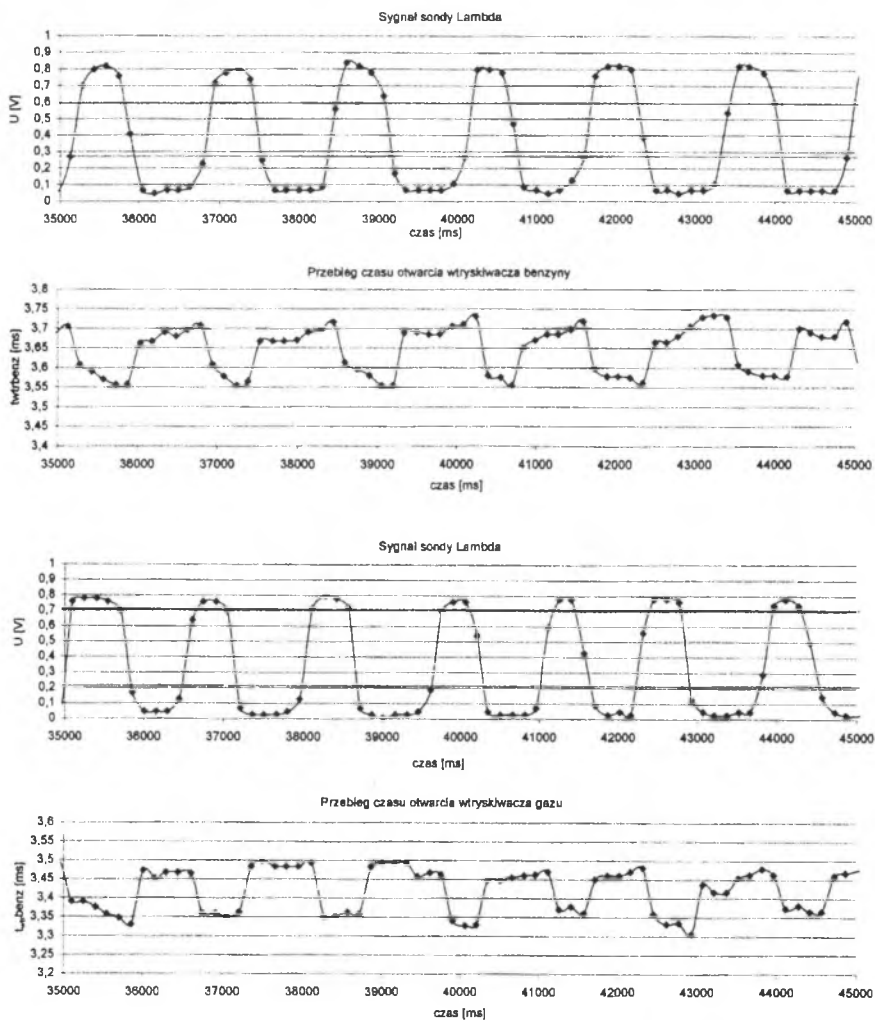
Tablica 1
Wybrane wyniki badań uzyskane dla samochodu marki Honda Civic z silnikiem o pojemności 1,4 dm³ zasilanym benzyną oraz mieszaniną propanu-butanu (LPG)

Zmierzona lub obliczona wielkość	Zasilanie benzyną			Zasilanie LPG		
	Uchylenie przepustnicy α_p [%]	18	25	30	18	25
Prędkość samochodu V [km/h]	28,7	76	103,4	28,1	75,2	97,9
Moc silnika P [kW]	4,5	11,1	21,3	4,3	10,7	20,3
Prędkość obrotowa silnika n_{tr} [obr/min]	1388	3622	4769	1322	3429	3643
Prędkość obrotowa silnika n_{max} [obr/min]	1400	3822	4789	1354	3547	3883
Prędkość obrotowa silnika n_{min} [obr/min]	1366	3277	4755	1314	3203	3811
Napięcie I sondy lambda U_{tr} [V]	0,387	0,448	0,580	0,51	0,46	0,48
Napięcie I sondy lambda U_{max} [V]	0,82	0,86	0,84	0,80	0,76	0,80
Napięcie I sondy lambda U_{min} [V]	0,05	0,05	0,05	0,03	0,07	0,01
$(A/F)_{tr}$	14,66	14,65	14,65	14,7	14,65	14,68
Odczylenie standardowe σ	0,39	0,39	0,44	0,35	0,26	0,42
T_{oc} [ms]	736	659	676	1127,6	766,1	722
A/F_{tr}	14,725	14,65	14,675	14,65	14,625	14,65

Tablica 2
Wybrane wyniki badań samochodu marki FIAT Stilo 1,6 dla silnika pracującego na biegu jałowym

Wielkość mierzona	Zasilanie benzyną	Zasilanie gazem
	Uchylenie przepustnicy α_p [%]	
	0 bieg jałowy	0 bieg jałowy
Prędkość obrotowa silnika n_{tr} [obr/min]	724	715
Prędkość obrotowa silnika n_{max} [obr/min]	748	745
Prędkość obrotowa silnika n_{min} [obr/min]	693	680
Napięcie I sondy lambda U_{tr} [V]	0,37	0,33
Napięcie I sondy lambda U_{max} [V]	0,86	0,84
Napięcie I sondy lambda U_{min} [V]	0,05	0,01
Czas otwarcia wtryskiwacza $t_{otr, tr}$ [ms]	3,527	2,915'
Czas otwarcia wtryskiwacza $t_{otr, max}$ [ms]	3,873	3,133'
Czas otwarcia wtryskiwacza $t_{otr, min}$ [ms]	3,308	2,757'

Krótszy czas otwarcia wtryskiwacza gazu jest spowodowany zwiększonym ciśnieniem w układzie zasilania paliwem gazowym.



Rys. 4. Przebiegi sygnałów sondy lambda i czasu otwarcia wtryskiwaczy dla silnika samochodu marki FIAT Stilo 1,6 zasilanego benzyną i paliwem gazowym, LPG

Fig. 4. Traces of pre-catalyst lambda sensor signal and injection time for FIAT Stilo 1,6 engine powered by petrol and gas

PODSUMOWANIE

W praktyce eksploatacyjnej system wtrysku sekwencyjnego fazowanego, który wykorzystano w badaniach, stosuje strategię zarządzania czasem otwarcia wtryskiwaczy urządzenia bazowego, tzn. sterującego czasem otwarcia wtryskiwaczy benzynowych. Sygnał sterują-

cy wtryskiwaczami jest jedynie odpowiednio przekształcony w dodatkowym urządzeniu przełączająco-korygującym. Stąd też zmiana paliwa zasilającego silniki badanych pojazdów na paliwo gazowe przy ich wykorzystaniu nie ma znaczącego wpływu na przebieg krzywej mocy oraz prędkość i moc maksymalną. Maksymalny spadek mocy i zmniejszenie prędkości maksymalnej samochodu nie przekracza bowiem odpowiednio od 4% do 5%. Zmiana paliwa zasilającego nie wpłynęła negatywnie na działanie systemu diagnostyki pokładowej; żaden z monitorów tego systemu nie zarejestrował błędów.

Zasadnicze wielkości mierzone w trakcie badań, monitorowane przez system diagnostyki, a przede wszystkim sygnały sond lambda przed i za katalizatorem oraz czas otwarcia wtryskiwaczy odpowiadają warunkom stawianym przez system diagnostyki pokładowej. Stąd też badania wykazały prawidłowość pracy systemu diagnostyki pokładowej w trakcie zasilania silnika paliwem gazowym.

Przebiegi sygnału sondy lambda, które zarejestrowano w trakcie badań, potwierdzają prawidłową pracę układu regulującego skład mieszanki, przy zasilaniu silnika tak paliwem benzynowym, jak i gazowym. Potwierdzają jednak spostrzeżenia znane z praktyki eksploatacyjnej o wydłużeniu czasu reakcji sondy lambda na zmiany składu mieszanki powietrzno-gazowej. Wydłużenie czasu reakcji jest największe dla małych uchyleń przepustnicy oraz niskich prędkości obrotowych silnika. Kształty impulsów sterujących pracą wtryskiwacza są podobne dla obu paliw wykorzystanych w badaniach. O innej wartości czasu trwania tych impulsów decyduje jedynie różnica wartości energetycznej mieszanek i ciśnienie paliwa gazowego przed wtryskiwaczem.

Wyznaczone wartości napięć przełączających dla silnika zasilanego benzyną są zbliżone do wartości 0,45 V, natomiast w przypadku zasilania paliwem gazowym wartość ta wzrasta do 0,48 V. Różnice te wskazują na konieczność nie tylko precyzyjnego oprogramowania urządzenia przełączająco-korygującego, ale również sprawdzenie pracy szybkich i wolnych trimmerów w czasie próby na hamowni podwoziowej lub jazdy próbnej w warunkach drogowych. Pominięcie tej procedury może spowodować wyłączenie trimmerów, w wyniku przekroczenia dopuszczalnej dolnej lub górnej granicy adaptacji.

Literatura

1. Flekiewicz M.: Systemy zasilania gazowymi paliwami alternatywnymi, Katowice 2002.
2. Dykier M., Flekiewicz M.: Zasilanie wtryskowe paliwami gazowymi. KNT Pojazd i Środowisko, Radom 1999.
3. Flekiewicz M.: Systemy zasilania paliwem gazowym w samochodach ciężarowych i autobusach. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji 1999, VIII. Nr 66.
4. Lis M.: Określenie wpływu zasilania paliwami gazowymi na pracę układów adaptacji czasu otwarcia wtryskiwacza. Praca dyplomowa, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 2003.
5. Matlab Simulink Model: Fuelsys.mdl
6. Zyański R.: Wpływ temperatury gazu na temperaturę mieszaniny powietrzno-gazowej i moc użyteczną silnika gazowego Perkins AD 3.152G. Praca dyplomowa, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 2000.
7. Riva G.: Il controllo di motore della Multipla Blupower e Bipower. Auto Tecnica. Ottobre 2001.
8. Wendeker M.: Adaptacyjne sterowanie wtryskiem benzyny w silniku samochodowym. PWN, Warszawa 2000.
9. Opracowania własne i raporty badawcze Katedry Budowy Pojazdów Samochodowych Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej z lat 1984-2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Sławomir Luft

Abstract

Determining the influence of alternative gas fuelling on onboard diagnostic system was the main goal of this study. The results of chassis dynamometer tests on cars powered by petrol and LPG were presented and discussed. As a result of comparison changes may have significant influence on onboard diagnostic system were indicated.

Artykuł stanowi sprawozdanie z badań statutowych BK-222/RT 2/2003