

Marek FLEKIEWICZ

ZASILANIE PALIWAMI GAZOWYMI A SYSTEMY OBD – CZĘŚĆ III

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, a na przykładzie kilku wybranych uszkodzeń, monitorowanych przez system OBD parametrów wskazano jego reakcje.

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

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. For example of several choosing and monitoring parameters influence on onboard diagnostic system were indicated.

WPROWADZENIE

W badaniach systemów wtryskowego zasilania alternatywnymi paliwami gazowymi przeprowadzonych w latach 2003 i 2004 wykazano, że zasadnicze parametry monitorowane przez system diagnostyki pokładowej w trakcie zasilania silnika paliwem gazowym nie przekraczają dopuszczalnych wartości brzegowych. Wykazano również, że uzyskanie takiego stanu jest uwarunkowane wytworzeniem mieszaniny powietrzno-gazowej o składzie wymaganym dla określonego obciążenia silnika. Na podstawie analizy porównawczej uzyskanych wyników badań stanowiskowych określono charakter i wielkość zmian podstawowych sygnałów, które zachodzą w wyniku zmiany paliwa zasilającego z benzyny na gaz. Zmiany te określono między innymi dla czujnika tlenu oraz sygnału sterującego pracą wtryskiwacza elektromagnetycznego. Zasadniczą ich przyczyną jest zmiana dyfuzji, spowodowana między innymi większą zawartością wodoru i tlenu w mieszaninie powietrzno-gazowej, która w konsekwencji znajduje swoje odzwierciedlenie w sygnale sterującym pracą wtryskiwacza [1,2]. Precyzyjna rejestracja zasadniczych parametrów, wpływających na jakość wytwarzanej mieszanki, umożliwiła określenie wartości średniej oraz chwilowych wartości współczynnika A/F, stanowiąc również podstawę do określenia funkcji przejścia benzyna-gaz. Tym samym możliwe było

wyznaczenie warunków brzegowych w strategii ustalania przez ECU-gaz stechiometrycznego składu mieszanki powietrzno gazowej.

W zmiennych warunkach eksploatacji o jakości składu mieszanki decydują jednak nie tylko parametry systemu sterowania, ale także parametry pracy urządzeń systemu zasilania, w tym między innymi regulatora ciśnienia paliwa gazowego [3]. Odchylenia tych parametrów od wartości nominalnych mogą w praktyce eksploatacyjnej stanowić przyczynę poważnych uszkodzeń silnika. W niniejszym opracowaniu określono wpływ zmiany tych parametrów na pracę systemu diagnostyki pokładowej oraz systemu zasilania paliwem gazowym.

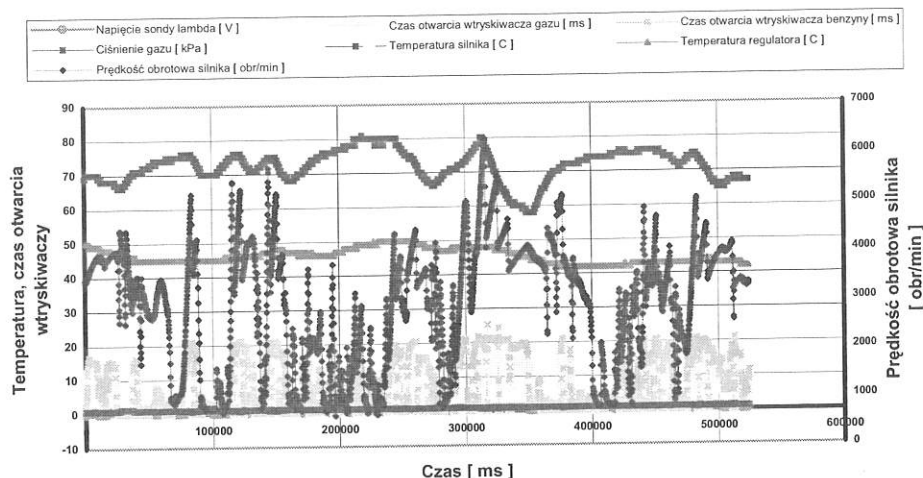
OBIEKTY BADAŃ I PRZEBIEG BADAŃ

W badaniach wykorzystano kilka egzemplarzy samochodów marki FIAT Stilo 1,6 i Alfa Romeo 147 1,6. Samochody posiadały 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 i weryfikując poprawność ich pracy poprzez ocenę:

- stosunku ilości powietrza do paliwa, A/F,
- mocy rozwijanej przez silnik samochodu w czasie pomiaru na hamowni podwozowej,
- kontrolę pracy monitorów systemu diagnostyki pokładowej.

Tak przygotowane samochody poddano badaniom na hamowni podwozowej. 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:



Rys. 1. Przebieg wybranych wielkości mierzonych w trakcie badań
 Fig. 1. Traces of chosen parameters measured during tests

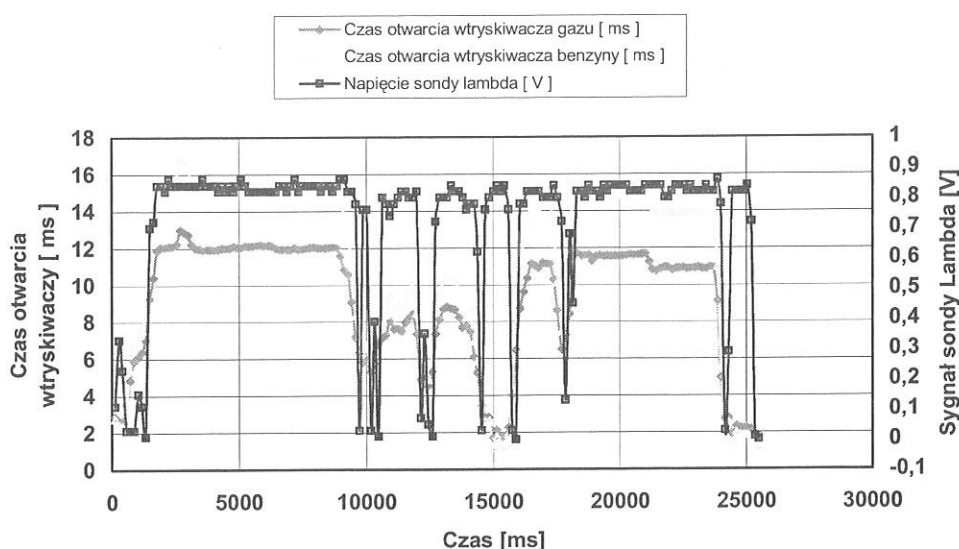
- urządzenia odpowiedzialne za ustalanie czasu otwarcia wtryskiwaczy, wykorzystujące w swej pracy te same czujniki i przetworniki, otrzymują taką samą informację o stanie pracy silnika,
- informacja ta nie jest obciążona istotnymi błędami.

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.

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, (pozwalając na ustalenie warunków pracy silnika objętych kontrolą ODB),
- 2) określenie przebiegu zmian sygnału sondy lambda oraz czasu otwarcia wtryskiwaczy dla wybranych stałych obciążeń silnika oraz jego biegu jałowego,
- 3) ustalenie czasu reakcji na uszkodzenia układu.

Symulowano również uszkodzenia takie, jak brak sygnału sondy lambda, brak zasilania wybranego cylindra.



Rys. 2. Przebiegi zmian czasu otwarcia wtryskiwaczy gazu i benzyny oraz sygnału sondy Lambda dla samochodu marki FIAT Stilo 1,6

Fig. 2. Traces of gas and petrol injection time and oxygen sensor signal of Fiat Stilo 1,6

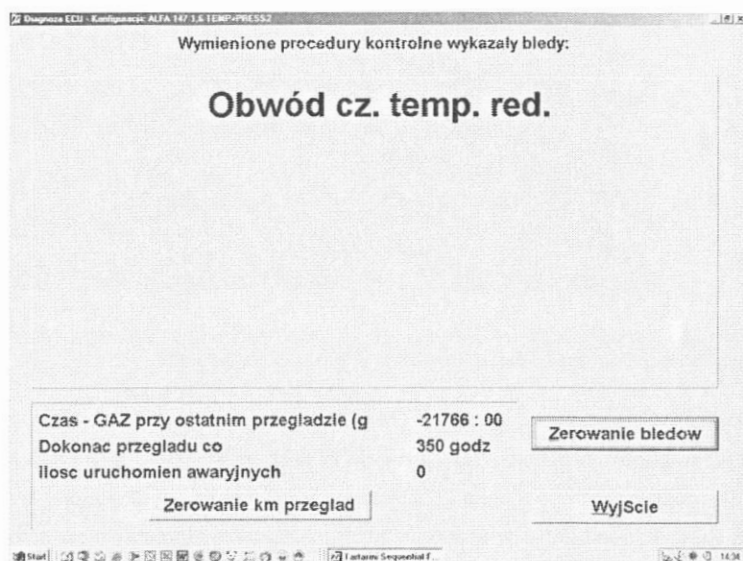
WYNIKI BADAŃ NA HAMOWNI PODWOZIOWEJ FLA 203

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono fragmenty zarejestrowanych parametrów charakteryzujących pracę silnika, a szczególności przebiegów czasu otwarcia wtryskiwacza i sygnału sondy lambda w funkcji czasu. Ponieważ uzyskane wyniki potwierdziły właściwe warunki pracy silnika w zakresie przygotowania mieszanki powietrzno-gazowej, rozpoczęto symulację uszkodzeń, które obejmowały:

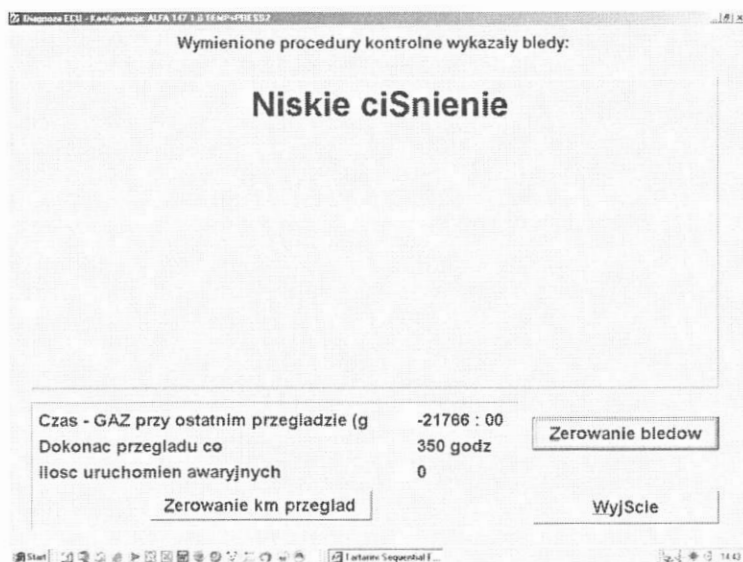
- system zasilania paliwem gazowym,
- obszar kontrolowany przez system diagnostyki pokładowej.

W systemie zasilania paliwem gazowym zasymulowano dwa najistotniejsze uszkodzenia, tj uszkodzenie czujnika temperatury, uszkodzenie regulatora ciśnienia skutkujące obniżeniem ciśnienia gazu oraz uszkodzenie czujnika ciśnienia gazu. Uszkodzenia te zostały natychmiast zidentyfikowane przez ECU systemu zasilania paliwem gazowym i zarejestrowane w jego pamięci błędów. Błędy zarejestrowane w pamięci błędów, wprowadzone w trakcie badań symulacyjnych, przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Ponieważ błąd związany z uszkodzeniem czujnika temperatury może w konsekwencji doprowadzić do uszkodzenia silnika, ECU w swej strategii uniemożliwia zmianę paliwa zasilającego silnik z benzyny na gaz. Zmiana paliwa jest możliwa dopiero po unieruchomieniu silnika, wyłączeniu zapłonu i ponownym uruchomieniu silnika. Zmiana paliwa z benzyny na gaz będzie jednak możliwa z chwilą, gdy realizowane przez ECU procedury samokontroli potwierdzą sprawność czujnika temperatury. Uszkodzenie to nie jest rejestrowane przez system diagnostyki pokładowej.

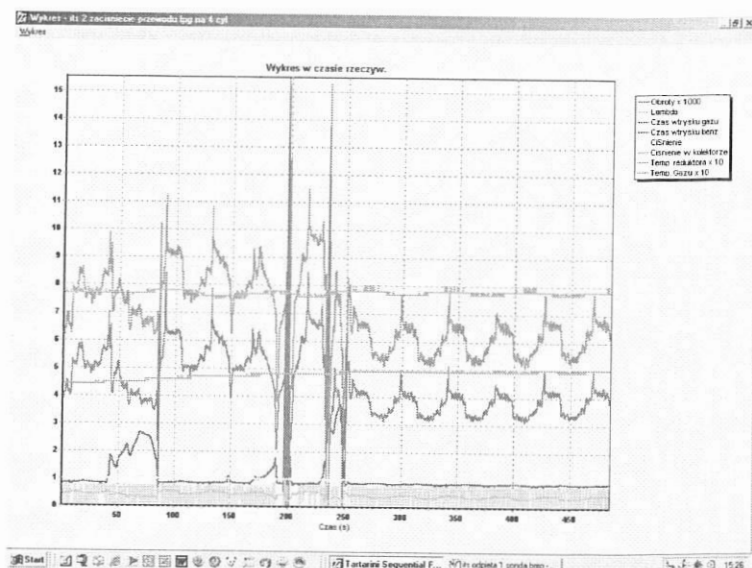
W przypadku uszkodzenia czujnika ciśnienia lub jego wartości odbiegającej od wartości nominalnej ECU systemu zasilania gazem rejestruje błąd i uniemożliwia dalsze zasilanie silnika paliwem gazowym. W tym przypadku nie występuje jednak konieczność unieruchomienia silnika, gdyż z chwilą uzyskania przez ECU informacji o istnieniu wymaganej wartości sygnału możliwy jest powrót do zasilania paliwem gazowym.



Rys. 3. Błąd obwodu czujnika temperatury gazu zarejestrowany w pamięci błędów ECU
Fig. 3. Temperature sensor fault recorded by ECU fault memory



Rys. 4. Błąd czujnika ciśnienia gazu
Fig. 4. Gas pressure sensor fault



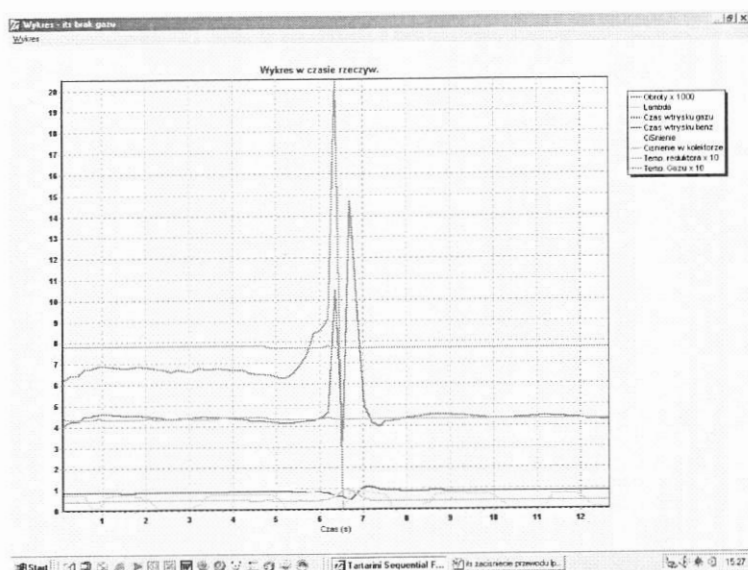
Rys. 7. Symulacja braku paliwa we wtryskiwaczu 4 cylindra

Fig. 7. Simulation of fuel cut off on cylinder 4

W drugim etapie badań symulacyjnych uwzględniono te uszkodzenia, które obejmują informacje przekazywane do ECU systemu zasilania paliwem benzynowym i są monitorowane przez system OBD. Na rysunku 6 przedstawiono przebieg zmian zasadniczych parametrów rejestrowanych w czasie badań, tj. prędkości obrotowej silnika, czasu otwarcia wtryskiwaczy benzynowego i gazowego, sygnału sondy lambda. Przerwanie obwodu sondy lambda w przypadku pracy silnika bez obciążenia nastąpiło w 48 sekundzie pomiaru, a system OBD zarejestrował błąd sygnalizując go kontrolką MIL w 132 sekundzie pomiaru, a więc po upływie 84 sekund. W przypadku silnika obciążonego w 50% jego mocy maksymalnej czas reakcji systemu nie przekracza 45 sekund. Wystąpienie tego typu błędu nie powoduje przerwania zasilania paliwem gazowym.

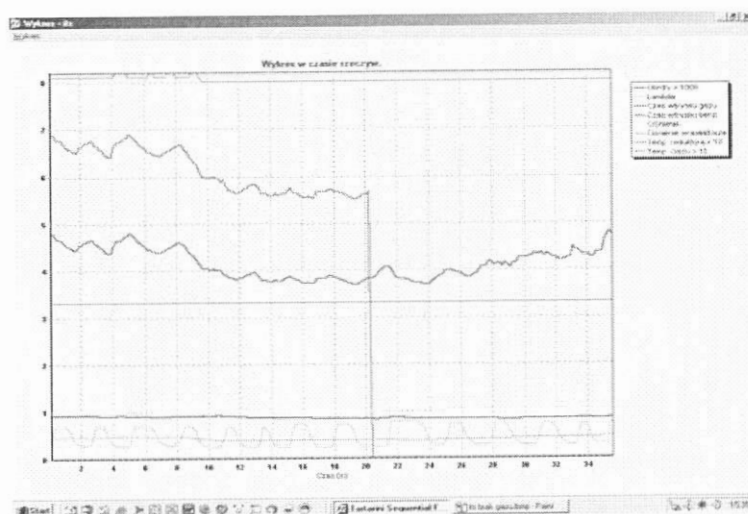
Reakcję systemu OBD na przerwy w zapłonie zarejestrowano symulując brak paliwa na wtryskiwaczu czwartego cylindra. Dla silnika nieobciążonego reakcja systemu OBD, poprzez zakodowanie błędu i pulsowanie kontrolki MIL, następowała dopiero po upływie 220 sekund (rysunek 7). Dla silnika obciążonego czas ten był znacznie krótszy i nie przekraczał 60 sekund.

Na rysunku 8 przedstawiono natomiast reakcję ECU systemu zasilania paliwem gazowym na symulowane przerwanie dopływu gazu do listwy wtryskiwaczy. Brak paliwa gazowego w tym przypadku, po krótkim okresie zwiększenia czasu otwarcia wtryskiwacza spowodował zmianę paliwa zasilającego silnik, z paliwa gazowego na benzynę. Symulacja ta nie spowodowała zarejestrowania błędów w obu ECU. Rysunek 9 przedstawia reakcję systemu na przerwę w zasilaniu zaworu odcinającego regulatora, która w przypadku strategii ECU również nie jest związana z rejestrowaniem błędu.



Rys. 8. Symulacja braku dopływu paliwa gazowego

Fig. 8. Simulation of lack of fuel



Rys. 9. Symulacja przerwy w obwodzie zasilającym elektrozawór odcinający regulatora

Fig. 9. Simulation of open circuit of reducer shut off valve

PODSUMOWANIE

Stosowany coraz częściej w praktyce eksploatacyjnej system wtrysku sekwencyjnego fazowanego wykorzystuje strategię zarządzania czasem otwarcia wtryskiwaczy urządzenia bazowego, tzn. sterującego czasem otwarcia wtryskiwaczy benzynowych. Zmiana paliwa zasilającego silniki badanych pojazdów na paliwo gazowe, przy wykorzystaniu tego systemu, nie

ma znaczącego wpływu na przebieg krzywej mocy oraz prędkość i moc maksymalną, pod warunkiem właściwie dobranej funkcji przejścia. Właściwy dobór tej funkcji decyduje również i o tym, że zmiana paliwa zasilającego nie wpływa negatywnie na działanie systemu diagnostyki pokładowej i w konsekwencji żaden z monitorów tego systemu nie rejestruje błędów. Taki stan stanowił podstawę badań symulacyjnych, które pozwoliły na określenie reakcji systemu diagnostyki pokładowej oraz ECU-gaz. Badania wykazały, że w trakcie zasilania paliwem gazowym monitory systemu OBD są aktywne, a uszkodzenia występujące w obszarze kontrolowanym przez ten system są rejestrowane i sygnalizowane kontrolką MIL. System OBD reaguje na uszkodzenia w całym zakresie obciążeń silnika, przy czym jego reakcja jest dłuższa w czasie dla biegu jałowego i małych obciążeń.

Uszkodzenia występujące w instalacji zasilającej silnik paliwem gazowym, a mające pośredni wpływ na przebieg procesu spalania paliwa gazowego, nie są rejestrowane przez system OBD lub też czas reakcji systemu na te uszkodzenia jest bardzo długi. Rejestruje je natomiast ECU-gaz wykorzystując własne strategie kontrolne. W przypadku uszkodzeń zagrażających bezpiecznej eksploatacji silnika realizowanym przez ECU-gaz strategiom kontrolnym towarzyszą strategie decyzyjne wyłączające zasilanie paliwem gazowym.

Literatura

1. Flekiewicz B.: Zasilanie paliwami gazowymi a system OBD cz.1, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport z.48, Gliwice 2003.
2. Flekiewicz M.: Zasilanie paliwami gazowymi a system OBD cz.2, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport z.48, Gliwice 2003.
3. Flekiewicz M.: Sekwencyjny wtrysk paliwa gazowego w silnikach o zapłonie iskrowym, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport z.56, Gliwice 2004.
4. Lis Marcin: Określenie wpływu zasilania paliwami gazowymi na pracę układów adaptacji czasu otwarcia wtryskiwacza. Praca dyplomowa, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 2003.
5. Zyzański Roman: 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.
6. Wendeker M. Adaptacyjne sterowanie wtryskiem benzyny w silniku samochodowym. PWN, Warszawa 2000.
7. Opracowania własne i raporty badawcze Katedry Budowy Pojazdów Samochodowych Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej z lat 1984-2003.

Recenzent: Prof. dr hab. Sławomir Luft