

Stanisław DUER, Konrad ZAJKOWSKI, Stanisław SOKOŁOWSKI,
Dominik ŁYSKOJĆ, Bartłomiej GRODECKI

DIAGNOSTYKA W UKŁADZIE ZASILANIA DAWKĄ PALIWA W SILNIKU BENZYNOWYM

Streszczenie

W artykule zaprezentowano problematykę badania w układzie wypracowania i zasilania silnika dawką paliwa. Badanie tego typu, na który wpływ ma sprawność sterownika silnika należy do trudnych przedsięwzięć diagnostycznych. Wiarygodnym sprawdzeniem w układzie zasilania dawką paliwa jest badanie stanu sterownika silnika na podstawie wykreślonych „map roboczych” sterujących wtryskiwaczami (wtryskiem paliwa). Kolejnym badaniem powinno być sprawdzenie stanu wydatkowania paliwa przez wtryskiwacze w określonym czasie. Badanie należy przeprowadzić przy różnych prędkości obrotowych silnika. Diagnoza może być wypracowana na podstawie porównania wyznaczonych parametrów sygnałów z ich wielkościami wzorcowymi (serwisowymi). Wynik tej diagnozy pozwoli ocenić sprawność układu zasilania dawką paliwa w silniku.

Słowa kluczowe: diagnostyka, układ zasilania, dawka paliwa, silnik benzynowy.

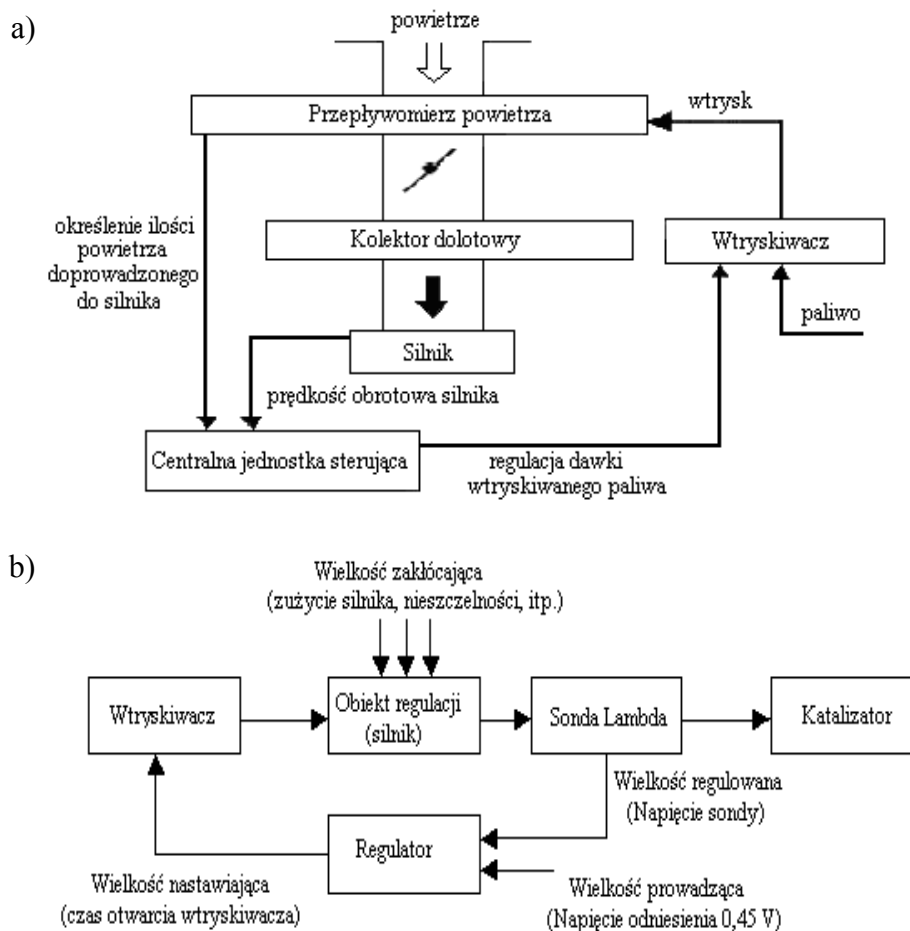
WSTĘP

W systemach elektronicznego sterowania silnika podstawowe dane o parametrach zapłonu i wtrysku paliwa są przechowywane w urządzeniu sterującym w programie pamięci wielokrotnej ROM w formie kilku trójwymiarowych map. Urządzenie sterujące odczytuje z nich wymagane wartości kąta wyprzedzenia zapłonu i czasu trwania wtrysku benzyny, odpowiadające występującym w danej chwili wartościom prędkości i obciążenia silnika. Pobieranie danych z „map” (rys. 1) jest znacznie szybsze niż ich obliczanie. „Pobieranie” danych z mapy (rys. 1) jest znacznie szybsze niż ich obliczanie. Jeżeli urządzenie jest dobrze zaprojektowane, mapa będzie zawierać praktycznie wszystkie możliwe kombinacje wartości obciążenia i prędkości silnika. Mapa ze wszystkimi możliwymi wartościami prędkości obrotowej i obciążenia silnika byłaby olbrzymia. Dlatego wartości prędkości obrotowej podaje się na mapie co 5 [obr/min] (podobnie wpisuje się wartości obciążenia). Dla obszarów wartości nieujemnych w mapie urządzenie sterujące dokonuje interpolacji. W ten sposób wszystkie praktycznie możliwe wartości są przez urządzenie uwzględnione [5, 8, 9-12].

1. UKŁAD ZASILANIA PALIWEM W SILNIKU BENZYNOWYM

Elementy składowe układu (rys. 1): sterownik, pompa paliwa, filtr paliwa, regulator ciśnienia i wtryskiwacze dostarczają silnikowi ilość paliwa potrzebną w każdej fazie jego pracy. Pompa paliwowa zasysa paliwo ze zbiornika paliwa i tłoczy je przez filtr do kolektora paliwowego. Paliwo tłoczone jest pod ciśnieniem wynoszącym ok. 0,25 MPa. Z kolektora paliwo doprowadzane jest do wtryskiwaczy. Regulator ciśnienia paliwa utrzymuje w obwodzie stałe

ciśnienie wtrysku. Nadmiar paliwa jest odprowadzany przewodem powrotnym do zbiornika. Pompa paliwa jest pompą rolkowo-komorową montowana w zbiorniku paliwa. Pracą pompy paliwa steruje elektroniczna jednostka sterująca. Zadaniem sterownika jest włączenie pompy w sytuacji, gdy rozpoczyna się proces uruchomienia silnika spalinowego oraz wyłączenie pompy w chwili zatrzymania silnika pojazdu [5, 8].



Rys. 1. Schemat funkcjonalny układu zasilania paliwem, gdzie: a) schemat układu zasilania paliwem, b) schemat układu korekcji dawki paliwa

Źródło: Opracowanie własne.

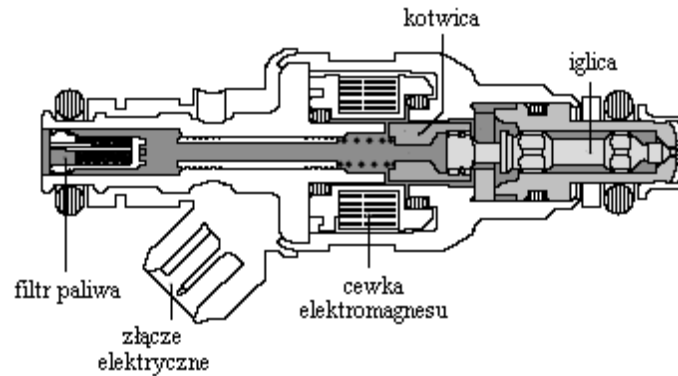
Mechanizm pompy zanurzony jest całkowicie w benzynie, która pełni rolę czynnika chłodzącego, smarującego i konserwującego. Zadaniem pompy jest tłoczenie paliwa do obwodu wtryskiwaczy pod ciśnieniem 300-350kPa. Nadmiar tłoczonego paliwa kierowany jest ponownie do zbiornika. Ważnym elementem w układzie paliwa na jakość wypracowanej jej dawki przez sterownik mają wtryskiwacze paliwa.

1.1. Wtryskiwacze dawki paliwa

Ważnymi elementami w układzie zasilania dawką paliwa silnika obok sterownika są wtryskiwacze, które wtryskują paliwo przed zawory dolotowe poszczególnych cylindrów (rys. 2). Ich czas otwarcia jest regulowany zgodnie z sygnałami z elektronicznej jednostki sterującej.

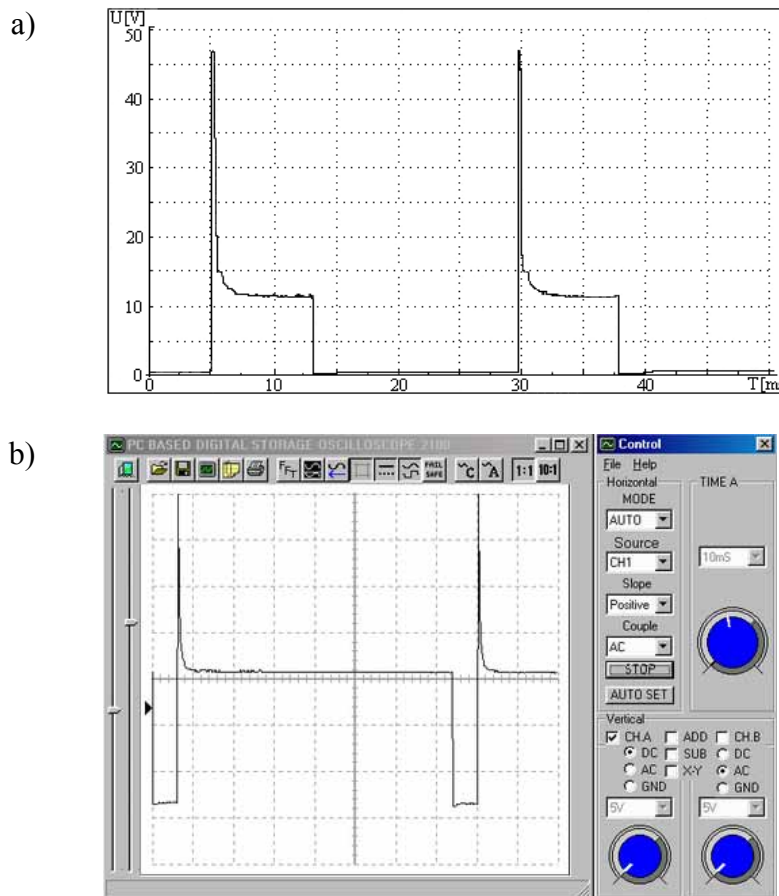
W położeniu spoczynkowym iglica jest dociskana przez sprężynę śrubową do jej gniazda przy dyszy wylotowej. Po odebraniu sygnału przez cewkę elektromagnesu kotwica zostaje pociągnięta w kierunku przeciwnym do kierunku działania siły sprężyny. Ponieważ kotwica jest połączona z iglicą, więc iglica zostaje uniesiona w przybliżeniu o 0,1 mm i następuje wtrysk paliwa. Wtrysk jest utrzymywany tak długo, jak długo zawór iglicowy pozostaje otwarty (jak długo wtryskiwacz jest zasilany impulsami przez sterownik), czyli w przedziale

od 1 do 1,5 ms (bieg jałowy). W systemie wielopunktowego wtrysku Motronic paliwo wtryskiwane jest równocześnie do wszystkich kanałów dolotowych niezależnie od cykli pracy poszczególnych cylindrów. Wtrysk następuje w sposób cykliczny raz na jeden obrót wału korbowego, ale za każdym razem wtryskiwana jest tylko połowa wymaganej dawki paliwa. Moment wtrysku określany jest przez urządzenie sterujące na podstawie impulsów elektrycznych z układu zapłonowego (rys. 3). Sygnał sterujący wyznaczający czas otwarcia wtryskiwacza ma charakter impulsu o pewnej długości czasowej. Dłuższy impuls oznacza zwiększenie wtrysniętej dawki paliwa. Kolejne wtryski synchronizowane są z procesem roboczym silnika.



Rys. 2. Schemat wtryskiwacza

Źródło: Opracowanie własne.

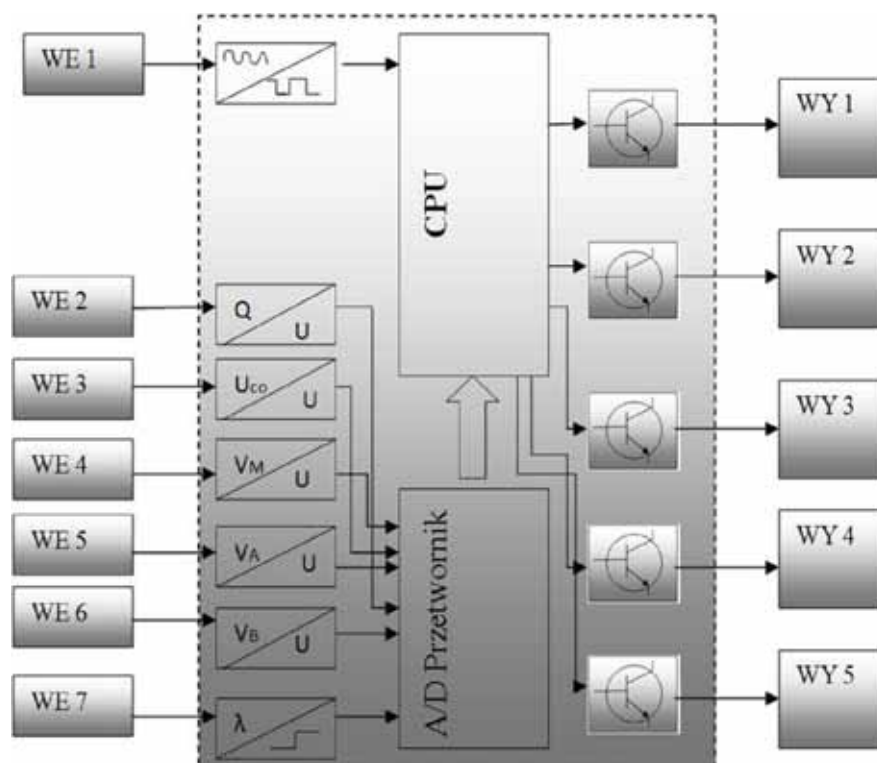


Rys. 3. Sygnał sterujący wtryskiwaczami, gdzie: a) przebieg sygnału z diagnoskopu, amplituda sygnału napięciowego otwarcia wtryskiwaczy roboczych systemu wtryskowego – obroty silnika 2500 obr/min, silnik zimny, pełne obciążenie, czas otwarcia około 17 ms, b) przebieg sygnału z oscyloskopu DSO2000

Źródło: Opracowanie własne.

2. WYPRACOWANIE DAWKI PALIWA W SILNIKU BENZYNOWYM

Generalną zasadą działania każdego elektronicznego urządzenia sterującego pracą silnika pojazdu jest: wejście – przetworzenie – wyjście (rys. 4).

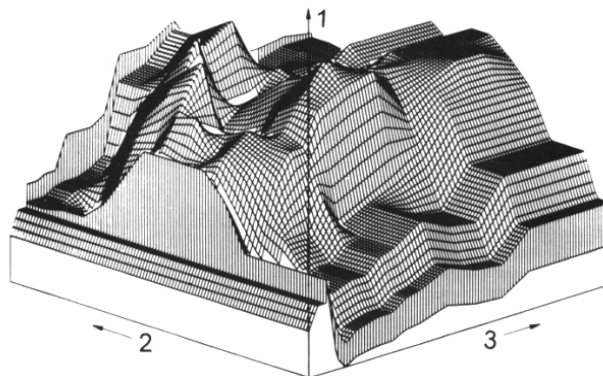


Rys. 4. Schemat strukturalny systemu sterowania Motronic, gdzie: CPU – mikroprocesor, A/D – analogowo-cyfrowy przetwornik, IF – układ formowania impulsów, ROM – pamięć stała, RAM – pamięć robocza, WE1 – prędkość obrotowa, WE2 – objętość powietrza, WE3 – bieg jałowy, WE4 – temperatura cieczy chłodzącej, WE5 – temperatura zasysanego powietrza, WE6 – napięcie akumulatora, WE7 – napięcie sondy lambda, WY 1 – cewka zapłonowa, WY2 – wtryskiwacze, WY3 – pompa paliwa, WY4 – nastawnik biegu jałowego, WY5 – zawór odpowietrzania filtra z węglem aktywnym

Źródło: Opracowanie własne.

W pamięci ROM (*Read Only Memory*) (pamięć tylko do odczytu) przechowywany jest program pamięci trwałej, natomiast w RAM (*Random Access Memory* — kasowalna pamięć eksploatacyjna) przechowywane są dane eksploatacyjne rozpoznane i przetworzone w programie pamięci trwałej ROM.

Przetwarzanie sygnału sterującego wtryskiwaczami (rys. 5) przez mikroprocesor silnika (CPU) przebiega według następującego algorytmu: 1 – wprowadzenie funkcji stanu pracy silnika (wartości rzeczywistych IST) do pamięci danych eksploatacyjnych (RAM), 2 – zidentyfikowanie stanów eksploatacyjnych w zależności od tych wartości, 3 – przejście z programu pamięci (ROM) wartości charakterystyki wykresowej dotyczącej zidentyfikowanych stanów eksploatacyjnego silnika, 4 – przetworzenie wartości zmierzonych i wartości charakterystyki wykresowej według zapisanych w pamięci algorytmów obliczeniowych, 5 – obliczenie na podstawie wartości pośrednich i wyników pomiaru wartości sygnałów nastawczych, 6 – przesłanie sygnałów nastawczych (sterujących) do wtryskiwaczy i innych zaworów (modułów wejście/wyjście (I/O)).

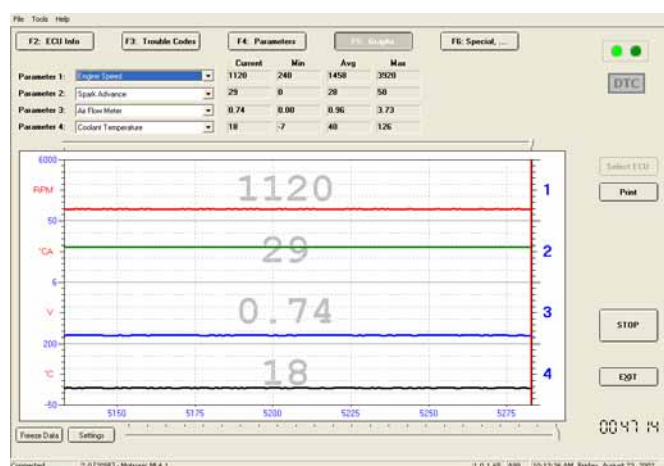


Rys. 5. Przykład „mapy roboczej” czasu wtrysku paliwa, gdzie: 1 – kąt wyprzedzenia zapłonu, 2 – kąt uchylenia przepustnicy, 3 – prędkość obrotowa silnika

Źródło: Opracowanie własne.

2.1. Badanie wypracowania dawki paliwa – sygnału sterującego wtryskiwaczami (t_i) w funkcji zmian temperatury cieczy chłodzącej

Podstawą w organizacji badań diagnostycznych jest wykorzystanie w nich diagnostyki warsztatowej, który umożliwia uzyskanie danych pomiarowych niezbędnych do wykreślenia badanych „map roboczych”. Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z przeprowadzonych badań przy użyciu diagnostyki Opelscaner przedstawia (rys. 6) [1-4, 6, 7].



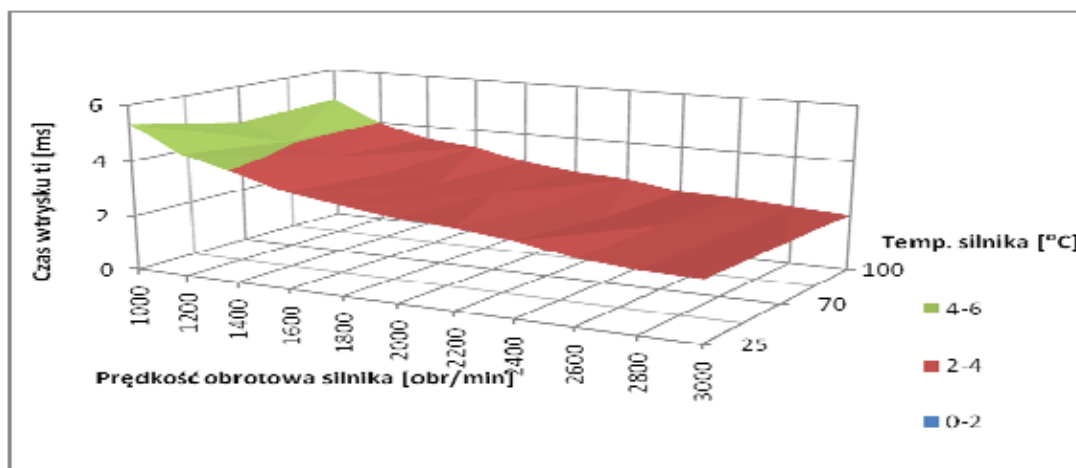
Rys. 6. Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z wynikami przeprowadzonych badań z użyciem diagnostyki Opelscaner

Źródło: Opracowanie własne.

Badania przeprowadzone zostały dla następujących parametrów pracy silnika:

- α_a – uchylenie przesłony spiętrzającej przepływomierza $\alpha_a = 45^\circ$,
- temperatury cieczy chłodzącej silnika: 25, 70, 100°C,
- n_s – prędkość obrotowa silnika od 1000 do 3000 obr/min,
- α_p – przepustnica powietrza częściowo otwarta.

Na podstawie otrzymanych wyników badań wykreślono mapę roboczą (rys. 7) czasu wtrysku (t_i) w funkcji prędkości obrotowej silnika dla trzech różnych temperatur silnika.



Rys. 7. Wykres przestrzenny – „mapa robocza” sygnału sterowania, czasu wtrysku (t_i) w funkcji prędkości obrotowej silnika dla trzech temperatur silnika

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski:

- czas wtrysku dawki paliwa (mieszanki) wraz ze wzrostem temperatury silnika maleje, gdyż zmniejszają się straty związane z pogorszeniem warunków odparowania paliwa przy niskich temperaturach;
- wraz ze wzrostem prędkości obrotowej silnika czas wtrysku również maleje;
- zmniejszenie czasu wtrysku spowodowane jest tym, iż przy wzroście prędkości obrotowej cykl pracy silnika zawiera się w coraz mniejszych odstępach czasowych, co wymusza zmniejszenie czasu wtrysku.

PODSUMOWANIE

Badanie układu zasilania dawką paliwa w silniku pojazdu wymaga wykonania szeregu pomiarów oraz wykreślenia „map roboczych” w zakresie wydatku objętości (dawki) paliwa w funkcji czasu. Sprawdzenie diagnostyczne polega na sprawdzeniu wypracowanych wybranych sygnałów sterujących: czasem zwarcia wtryskiwacza, dla określonej prędkości silnika i danego obciążenia. Pomierzone wartości danej wielkości sygnału sterującego należy porównać z wielkością wzorcową (danymi producenta) zawartymi w AutoData lub w innych. Takie sprawdzenie należałoby wykonać dla kilku wartości z całego przedziału prędkości silnika, uwzględniającej prędkości: bieg jałowy, częściowe i pełne obciążenie silnika. Jeżeli wynik porównania danych sterujących z „mapy roboczej” z danymi wzorcowymi jest w przybliżeniu jest zgodny można podjąć decyzję diagnostyczną, że układ zasilania paliwem silnika pracuje poprawnie.

BIBLIOGRAFIA

1. Duer S., *System ekspertowy diagnozujący układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic*. „ZKwE2009”, Poznan University of Technology, Poznan, April 20-22, 2009.
2. Duer S., Duer R., Duer P., *Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic*. XII Forum Motoryzacji „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska”, Słupsk, 21-22 maja 2009.
3. Duer S., Zajkowski K., Duer R., Łyskojć D., Ziatyk P., *Stanowisko do badania układu ABS z wykorzystaniem przetworników f/C*. „ZKwE2009”, Poznan University of Technology. Poznan, April 19-21, 2010.

4. Duer S., Zajkowski K., Duer R., *Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego*. „ZKwE2009”, Poznan University of Technology, Poznan, April 19-21, 2010.
5. Duer S., *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej*. Tom I. Wyd. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2009.
6. Duer S., Zajkowski K., Duer R., *Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego*. „ZKwE2010”, Poznan University of Technology, Poznan, April 19-21, 2010.
7. Duer S., *Artificial Neural Network-based technique for operation process control of a technical object*. Defence Science Journal, DESIDOC, vol. 59, No. 3, May 2009.
8. Duer S., Konrad Zajkowski, *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej*. Tom II. Wyd. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2010.
9. Informatory techniczne BOSCH: *Czujniki w pojazdach samochodowych*. WKŁ, Warszawa 2004.
10. Gajek A., Juda Z., *Czujniki*. WKŁ, Warszawa, 2008.
11. Gładyszek J., Gładyszek M., *Poradnik diagnostyki samochodowej*. Wyd. Bosch, Kraków 2008.
12. www.auto-online.pl.

DIAGNOSTICS ENGINE CONTROL DOSE OF FUEL

Abstract

The paper presents the research issues in the system to develop and supply engine fuel delivery. The study of this type, which affected the efficiency of the engine controller is diagnostic of challenging projects. Reliable check on the fuel supply system is to check the dose of the engine controller based on the traces, "working map" control injectors (fuel injection). Another study should be spent checking the fuel injectors at a time. The test shall be performed at different engine speeds. Diagnosis can be worked out by comparing the signals from the designated parameter to the reference values (service). The result of this diagnosis to assess the efficiency of the supply amount of fuel in the engine.

Key words: diagnostics, supply system, fuel delivery, engine gasoline.

Autorzy:

dr inż. **Stanisław Duer** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny

dr inż. **Konrad Zajkowski** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny

dr inż. **Stanisław Sokolowski** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny

mgr inż. **Dominik Łyskojć** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny

Bartłomiej Grodecki – Politechnika Koszalińska