

DUER Stanisław, ZAJKOWSKI Konrad, SOKOŁOWSKI Stanisław

OCENA STANU PRACY STEROWNIKA SILNIKA BENZYNOWEGO

Streszczenie

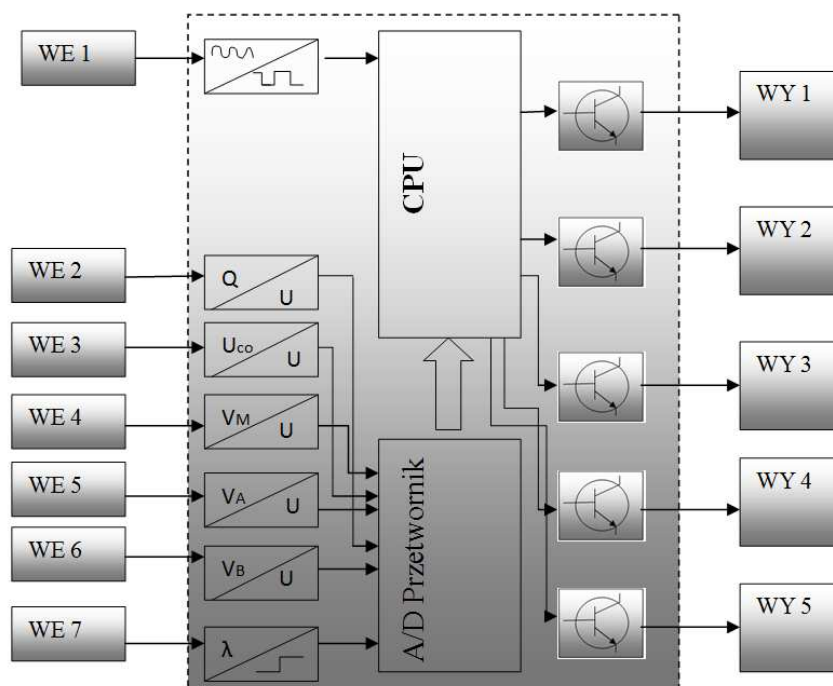
W artykule zaprezentowano problematykę badania diagnostycznego sterownika silnika pojazdu samochodowego. Badanie sterownika silnika należy do trudnych przedsięwzięć diagnostycznych. Wiarygodnym sprawdzeniem stanu sterownika silnika jest jego ocena funkcjonowania na podstawie wykreślonych charakterystyk sygnałów sterujących wtryskiem i zapłonem "map roboczych".

WSTĘP

Sterownik silnika typu Motronic jest elektronicznym układem regulacji, w którym elektroniczne urządzenie sterujące – mikroprocesor kieruje pracą podsystemów zapłonu i wtrysku paliwa oraz reguluje prędkość biegu jałowego silnika i inne układy współpracuje. Sterowane podsystemy zapłonu i wtrysku silnika korzystają ze wspólnych czujników oraz ze wspólnego systemu przetwarzania danych. Motronic jest systemem sterowania z cyfrowym przetwarzaniem danych. Ma, zatem szerokie możliwości samodiagnostyczne oraz może współdziałać z innymi elektronicznymi systemami pojazdu takimi, jak: ABS, ASR, automatyczna skrzynia biegów czy też układ klimatyzacji.

1. STEROWANIE WTRYSKIEM I ZAPŁONEM W SYSTEMIE MOTRONIC

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. 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. Algorytm sterowania wtryskiem składa się z kilku faz. Pierwsza faza wyznacza chwilę początku wtrysku bazując na pomiarze położenia wału korbowego (faza synchronizacji). Następnie w oparciu o warunki pracy silnika wybierana jest zadawana wartość współczynnika nadmiaru powietrza (faza strategii). Znając wartość zadanego składu mieszanki następną fazą (kalkulacja) szacuje masę zasysanego powietrza w oparciu o wskazania różnych zestawów czujników pomiarowych (charakterystyka statyczna napełniania). Następnie dokonywana jest korekcja czasu wtrysku zgodnie z aktualnym napięciem akumulatora (korekcja). Ponieważ zadana jest mieszanka stechiometryczna obliczenia kończy fazą regulacji bazująca na obecnym i wcześniejszych wskazaniach czujnika tlenu (regulacja).



Rys. 1. Schemat strukturalny systemu sterowania Motronic, gdzie: mikroprocesor (CPU), analogowo-cyfrowy przetwornik (A/D), układ formowania impulsów (IF), pamięć ROM, pamięć RAM, gdzie: 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 [1, 5].

Źródło: Opracowanie własne

Podstawowe dane o parametrach zapłonu i wtrysku paliwa są przechowywane w urządzeniu sterującym w programie pamięci wielokrotnej ROM w formie kilku trójwymiarowych map [1-9]. 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 jest znacznie szybsze niż ich obliczanie. „Pobieranie” danych z mapy (Rys. 2) 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.

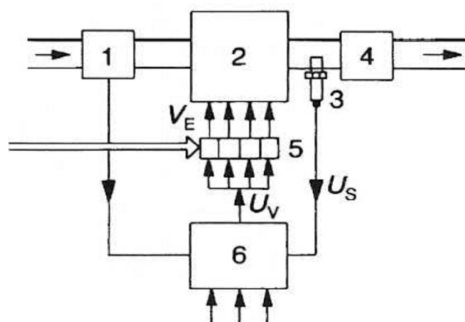
Czas trwania wtrysku jest odpowiednio korygowany w zależności od stanu pracy silnika na podstawie sygnałów z różnych czujników [6-9].

Korekcja dawki paliwa w funkcji zmian (wahań) napięcia zasilania. *Czas przyciągania i zwalniania iglicy wtryskiwacza zależy od napięcia akumulatora. Aby zapewnić właściwy skład mieszanki paliwowo-powietrznej przy niskim napięciu pokładowym urządzenie sterujące wydłuża odpowiednio czas otwarcia wtryskiwaczy.*

Korekcja wtrysku zależy od *temperatury powietrza dolotowego*. Wraz ze zmianami temperatury zmienia się objętość i gęstość powietrza. Wpływa to na współczynnik nadmiaru powietrza. Przy wyższej temperaturze powietrza niż 20°C czas otwarcia wtryskiwaczy jest skracany. Gdy temperatura jest niższa jest wydłużany.

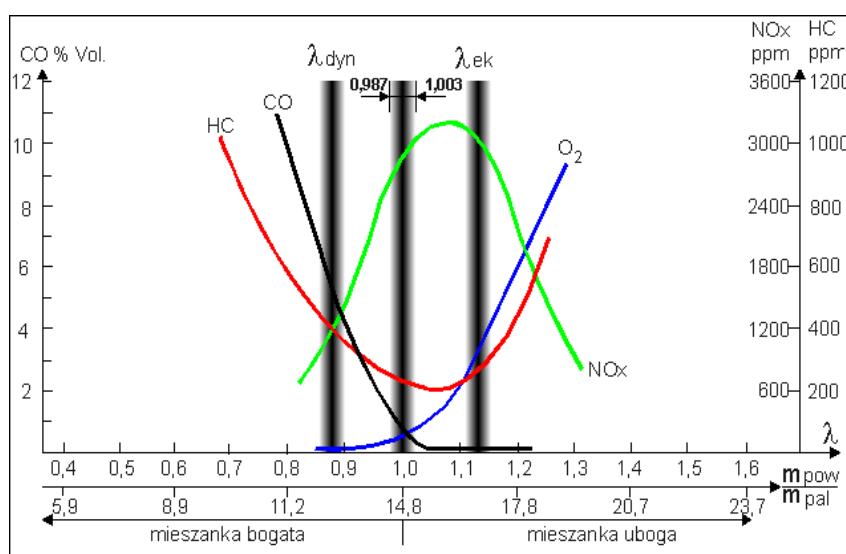
Ad.1. Sterowanie otwarte – bez wykorzystania sygnału sprzężenia zwrotnego od czujnika tlenu. Sterowanie dawką paliwa (Rys. 2 i 3) jest wykonywane na podstawie wartości zapisanych w mapach pamięci sterownika, wiążących dawkę z podstawowymi i pomocniczymi parametrami pracy silnika. Sterowanie to uwzględnia także wartości adaptacyjne, uzyskane w wyniku korekcji krótkoterminowej. Sterowanie dawką paliwa może być otwarte lub zamknięte.

Ad.2. Sterowanie zamknięte – dokonuje korekcji dawki uzyskanej z charakterystyk przez uwzględnienie krótkoterminowych poprawek na podstawie sygnału z czujnika tlenu. Korekcja krótkoterminowa pojawia się tylko w sterowaniu zamkniętym. Jest to regulacja składu mieszanki, w której przełączanie się czujnika tlenu między stanami mieszanka uboga – mieszanka bogata powoduje ciągłe oscylacje (skracanie i wydłużanie czasu wtrysku). Uśrednione wartości tej korekty uzyskane w większej liczbie cykli służą do utworzenia charakterystyk adaptacyjnych korekty długoterminowej. Korekta długoterminowa może występować w sterowaniu zamkniętym albo w otwartym.



Rys. 2. Schemat blokowy regulacji dawką paliwa, gdzie: 1 - przepływomierz powietrza, 2 - silnik, 3 - sonda lambda, 4 - katalizator, 5 - wtryskiwacze, U_s - napięcie sondy, U_v - napięcie sterujące wtryskiwaczy, V_E - ilość wtryskiwanego paliwa [1, 5].

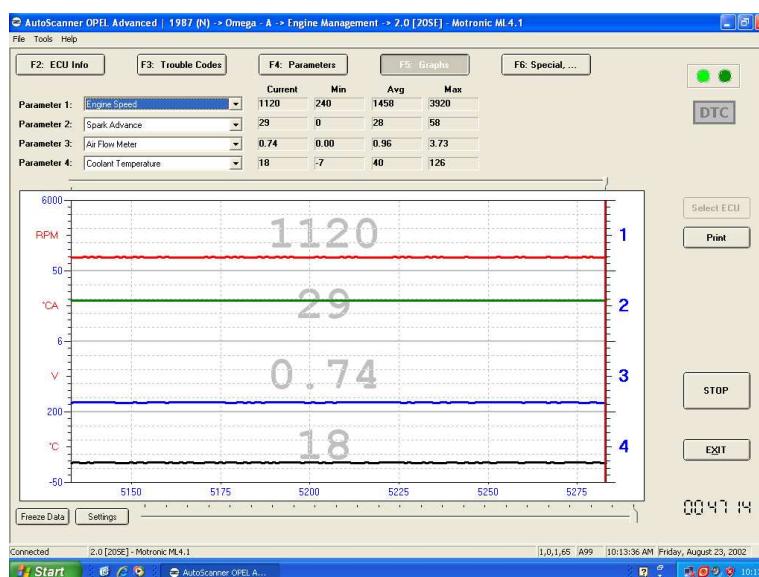
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Zakres regulacji sondy lambda i zakres zawartości szkodliwych składników spalin [1, 5]

Źródło: Opracowanie własne

Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z przeprowadzonych badań przy użyciu diagnostyka Opelscaner przedstawia (Rys. 4).



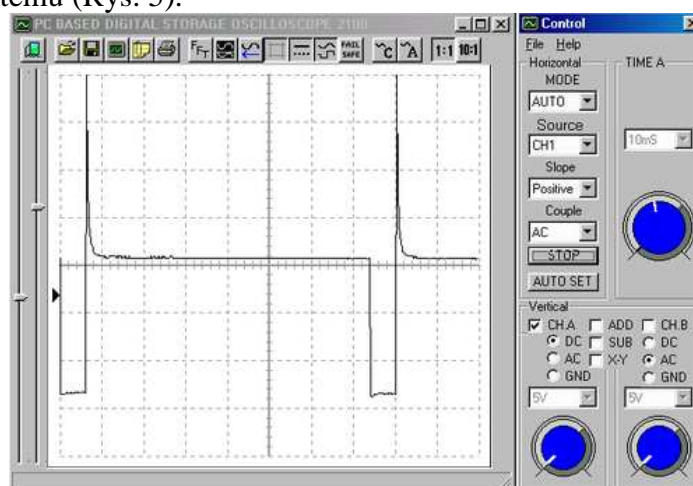
Rys. 4. Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z wynikami przeprowadzonych badań użyciem diagnostyka Opelscaner [1, 5]

Źródło: Opracowanie własne

2. DIAGNOSTYKA STEROWNIKA SILNIKA BENZYNOWEGO

2.1. Pomiar sygnałów sterujących wtryskiwaczami oscyloskopem cyfrowym

W celu pełniejszego obrazu sygnałów systemu, wykorzystując pulpit pomiarowy stanowiska demonstracyjnego systemu Motronic ML 4.1, dokonano także pomiarów sygnałów systemu oscyloskopem cyfrowym. Pulpit pomiarowy stanowiska badawczego zawiera 35 gniazd bananowych, tj. tyle ile jest zacisków (pinów) na złączu sterownika systemu. Pozwala on na zbieranie sygnałów z poszczególnych czujników i obwodów wykonawczych systemu (Rys. 5).



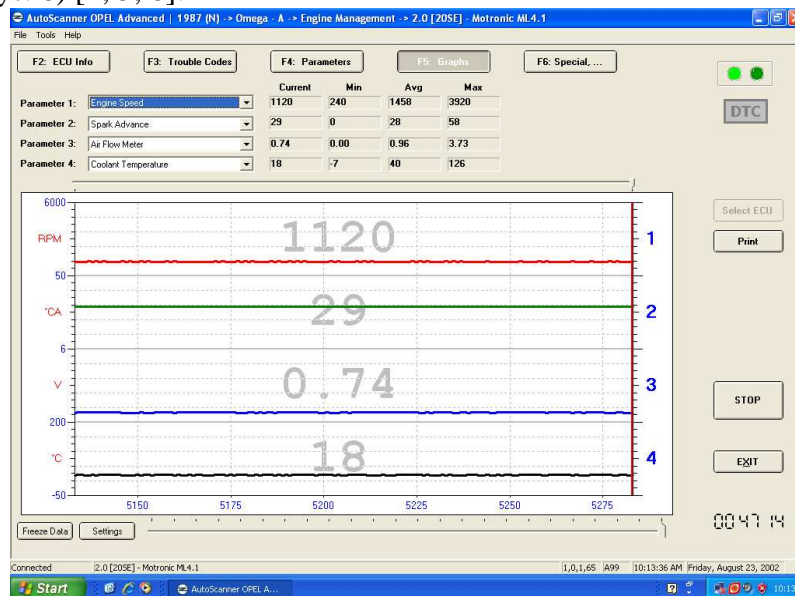
Rys. 5. Amplituda sygnału napięciowego otwarcia wtryskiwaczy

Źródło: Opracowanie własne

Sygnal napięciowy sterowania wtryskiwaczami został pomierzony z 14 gniazda (pinu) sterownika wyprowadzonego do pulpitu pomiarowego. Częstotliwość sygnału wynosi 13,51 Hz, amplituda 34 V. Czas otwarcia wtryskiwaczy ok. 5ms.

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

Podstawą w organizacji badań diagnostycznych urządzeń sterownika silnika jest wykorzystanie w nich diagnoskopu warsztatowego, który umożliwia uzyskanie danych pomiarowych niezbędnych do wykreślenia badanych „map roboczych”. Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z przeprowadzonych badań przy użyciu diagnoskopu Opelscaner przedstawia (Rys. 6) [1, 5, 8].



Rys. 6. Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z wynikami przeprowadzonych badań z użyciem diagnoskopu Opelscaner [1, 5]

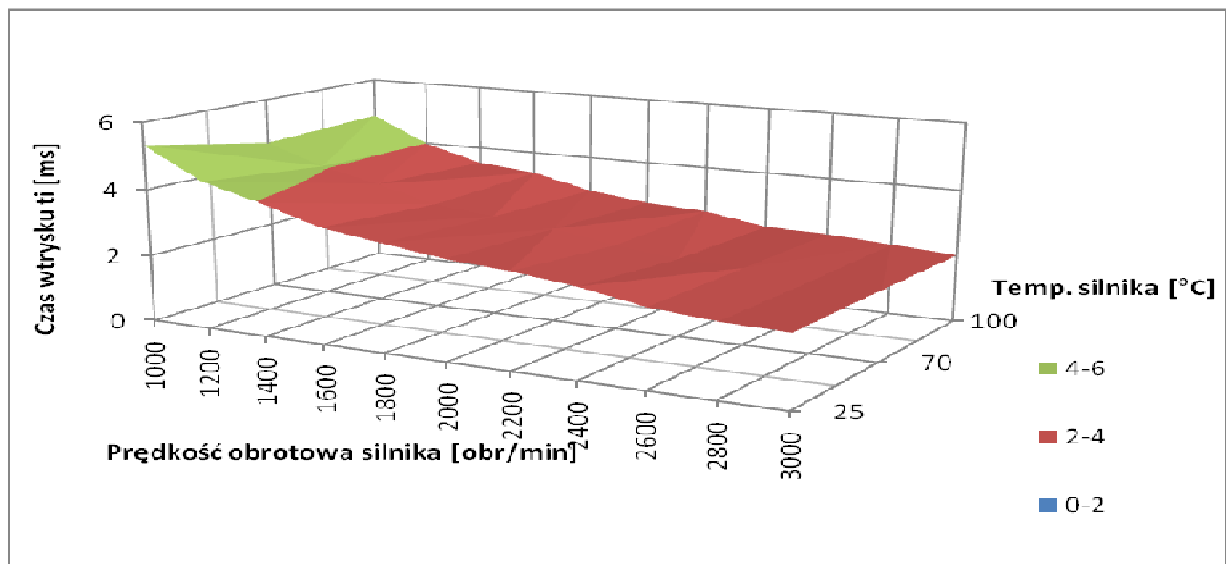
Źródło: Opracowanie własne

Badania przeprowadzone zostały dla następujących parametrów pracy silnika:

- α_a - uchylenie przesłony spiętrzającej przepływomierza $\alpha_a = 45$ [°],
- temperatury cieczy chłodzącej silnika: 25, 70, 100 [°C],
- n_s - prędkość obrotowa silnika z zakresu 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.

Czas wtrysku mieszanki (Rys. 7) 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.



Rys. 7. Wykres przestrzenny – „mapa robocza” sygnału sterowania, czasu wtrysku (t_i) w funkcji prędkości obrotowej silnika dla trzech temperatur silnika [1, 5]

Źródło: Opracowanie własne

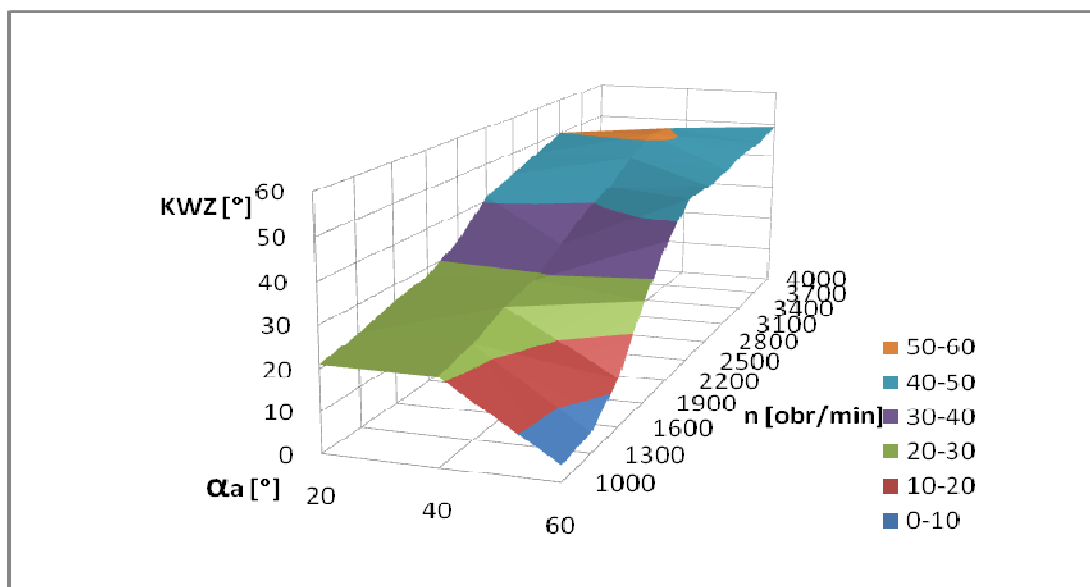
2.3. Badanie zmian kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji kąta otwarcia przesłony spiętrzającej przepływowomierza powietrza

Badania przeprowadzone zostały dla następujących parametrów pracy silnika:

- α_p - kąt uchylenia przepustnicy $\alpha_p = 45$ [°]
- temperatura silnika $T = 95$ [°],
- α_a - uchylenie przesłony spiętrzającej przepływowomierza: 20, 40, 60 [°]
- n_s - prędkość obrotowa silnika z przedziału od 1000 do 4000 [obr/min],

Na podstawie otrzymanych wyników badań wykreślono mapę roboczą (Rys. 8), która obrazuje zmianę kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji prędkości obrotowej silnika dla trzech różnych uchylen przesłony spiętrzającej przepływowomierza.

Podczas wzrostu prędkości obrotowej przy stałym obciążeniu kąt wyprzedzenia zapłonu zwiększa się. Wzrost prędkości obrotowej powoduje skrócenie czasu przypadającego na spalenie mieszanki. Aby uniknąć zakończenia spalania w coraz większej odległości od GMP, zapłon musi następować coraz wcześniej. Z kolei wzrost obciążenia i związany z tym wzrost temperatury obiegu sprawia, że prędkość spalania mieszanki skraca się. Możliwa to przyspieszenie zapłonu mieszanki, co pozytywnie wpływa na sprawność obiegu i pozwala uniknąć niekorzystnego zjawiska spalania stukowego.



Rys. 8. Wykres przestrzenny – „mapa robocza” sygnału sterowania, kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji prędkości obrotowej dla trzech położen kłapy spiętrzającej przepływomierza [1, 5]

Źródło: Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Badanie sterownika silnika samochodowego należy do trudnych czynności diagnostycznych. Sprawdzenie to wymaga wykonania pomiarów sygnałów wypracowanych przez sterownik oraz wykreślenia „map roboczych” w przestrzeni obejmującej jak największy zakres zmian sygnału obciążenia silnika. Badanym obciążeniem silnika może być sygnał z przepływomierza powietrza lub sygnał temperatury silnika lub inny. Sprawdzenie diagnostyczne polega na sprawdzeniu wypracowanych wybranych sygnałów sterujących czasem otwarcia (zwarcia) wtryskiwacza, dla określonej prędkości silnika i danego obciążenia. Następnie należy odczytaną z wykresu wielkość sygnału sterującego porównać z wielkością wzorcową zawartą w AutoDacie lub danymi podanymi przez producenta itp. Jeżeli wynik porównania sygnałów sterujących z „mapy roboczej” z danymi wzorcowymi jest zgodny to wówczas można podjąć decyzję diagnostyczną, że sterownik jest sprawny i pracuje poprawnie.

BIBLIOGRAFIA

1. Duer S.: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom I*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2009, str. 199.
2. Duer S., Duer R., Duer P.: *Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic*, w monografii pod redakcją Leona Kukiełki nt. „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska” Słupsk, 2009, str. 79-86.
3. Duer S., Zajkowski K., Duer R.: *Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego*. Proceedings of the „XV Conference Computer Applications in Electrical Engineering” institute Of Electrical Engineering And Electronics Poznan University Of Technology, Poznan, April 19-21, 2010, pp. 255-256.
4. 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, pp. 305-313.

5. Duer S., Zajkowski K.: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom II*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2010, str. 210.
6. Informatory techniczne BOSCH: Czujniki w pojazdach samochodowych. WKŁ, Warszawa, 2004.
7. Gajek A., Juda Z.: *Czujniki*. WKŁ, Warszawa, 2008.
8. Gładyszek J., Gładyszek M.: *Poradnik diagnostyki samochodowej*. Wyd., Kraków, 2008.
9. www.auto-online.pl.

ASSESSMENT OF PETROL ENGINE CONTROLLER

Abstract

The article presents the problem of diagnostic engine driver of the vehicle the car. Research motor controller is difficult diagnostic projects. A reliable checking of the motor controller is its assessment of the functioning of the plotted based on the characteristics of the control signals injection and ignition "working map".

Autorzy:

**Prof. nazw. dr hab. inż. Stanisław DUER, dr inż. Konrad ZAJKOWSKI,
dr inż. Stanisław SOKOŁOWSKI**

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin,
e-mail: stanislaw.duer@tu.koszalin.pl, kondrad.zajkowski@tu.koszalin.pl,
stanislaw.sokolowski@tu.koszalin.pl