

Stanisław DUER, Konrad ZAJKOWSKI, Ireneusz PŁOCHA, Jacek PAŚ, Piotr ZIATYK

BADANIE „MAP ROBOCZYCH” PODSTAWĄ DIAGNOSTYKI STEROWNIKA SILNIKA

Streszczenie

W artykule zaprezentowano problematykę badania sterownika silnika pojazdu samochodowego. Badanie sprawności sterownika silnika należy do trudnych przedsięwzięć diagnostycznych. Wiarygodnym sprawdzeniem stanu sterownika silnika jest jego badanie na podstawie wykreślonych „map roboczych” – sygnałów sterujących wtryskiem i zapłonem. W badaniu należy dla kilku wybranych wielkości sterujących z „map roboczych” przy różnych prędkości obrotowych silnika dokonać porównania z ich wielkościami wzorcowymi (serwisowymi). Wynik tej diagnozy pozwoli ocenić sprawność sterownika silnika.

WSTĘP

System sterowania silnikiem 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. Rozdzielacz, jeśli występuje, jest potrzebny tylko do rozdziału iskry do poszczególnych cylindrów w określonej kolejności. Urządzenie sterujące nie reguluje tych wielkości oddzielnie. Oba podsystemy 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.

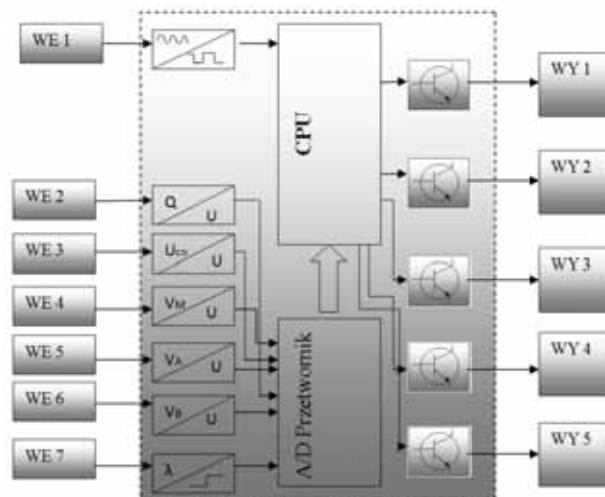
1. ELEKTRONICZNY SYSTEM STEROWANIA I PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW W STEROWNIKU

Generalną zasadą działania każdego elektronicznego urządzenia sterującego jest: wejście – przetworzenie – wyjście (rys. 1). W skład sterownika wchodzi następujące zasadnicze elementy: mikroprocesor (CPU), analogowo-cyfrowy przetwornik (A/D), układ formowania impulsów (IF), pamięć ROM, pamięć RAM.

W pamięci ROM (Read Only Memory) 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.

Przetwornik analogowo-cyfrowy (A/D) przekształca sygnały analogowe w sygnały, cyfrowe. Przykładami analogowych sygnałów wejściowych systemu Motronic są:

- sygnał czujników temperatury,
- sygnał z przepływomierza powietrza,
- napięcie akumulatora.



Rys. 1. Schemat strukturalny systemu sterowania Motronic, 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, WY1 – cewka zapłonowa, WY2 – wtryskiwacze, WY3 – pompa paliwa, WY4 – nastawnik biegu jałowego, WY5 – zawór odpowietrzania filtra z węglem aktywnym

Źródło: Opracowanie własne.

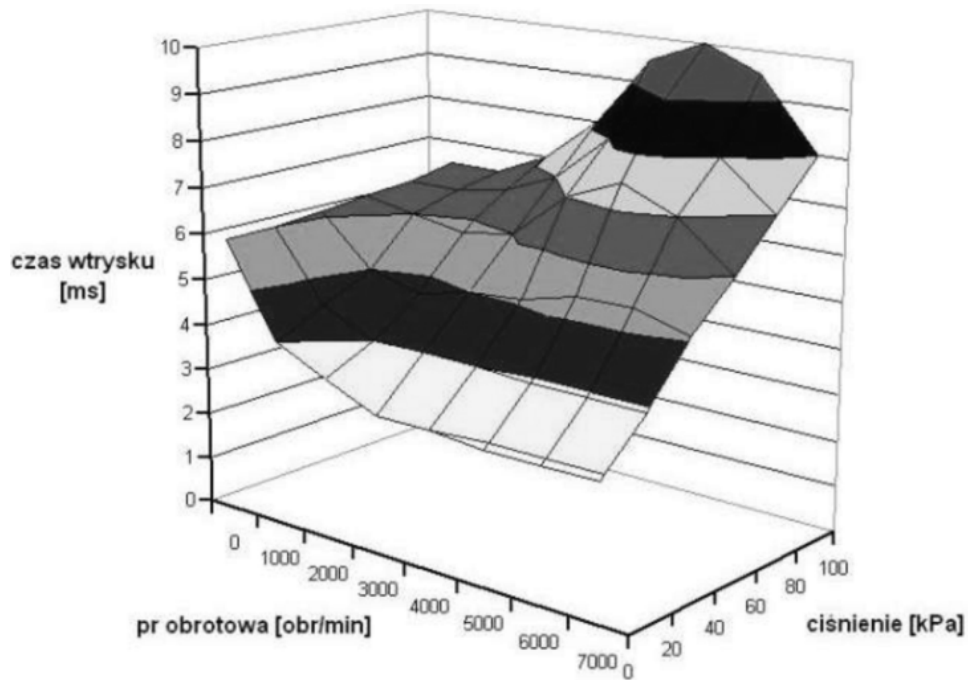
Układ formowania (IF) impulsów przekształca dowolne sygnały w impulsy prostokątne. Przykładami sygnałów wejściowych systemu Motronic, które przechodzą przez układy formowania impulsów, są:

- sygnał nadajnika prędkości obrotowej,
- sygnał nadajnika położenia wału.

Przetwarzanie danych przez mikroprocesor (CPU = Control Processor Unit – jednostka programu pamięci ROM) przebiega według następującego algorytmu:

- wprowadzenie funkcji stanu pracy silnika (wartości rzeczywistych IST) do pamięci danych eksploatacyjnych (RAM),
- zidentyfikowanie stanów eksploatacyjnych w zależności od tych wartości,
- przejście z programu pamięci (ROM) wartości charakterystyki wykreślnej dotyczącej zidentyfikowanych stanów eksploatacyjnych,
- przetworzenie wartości zmierzonych i wartości charakterystyki wykreślnej według zapisanych w pamięci algorytmów obliczeniowych,
- obliczenie na podstawie wartości pośrednich i wyników pomiaru wartości sygnałów nastawczych,
- przesłanie sygnałów nastawczych (sterujących) do modułu wejście/wyjście (I/O).

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 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.



Rys. 2. Przykład „mapy roboczej” czasu wtrysku paliwa

Źródło: Opracowanie własne.

2. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO SYSTEMU MOTRONIC ML 4.1

Stanowisko badawcze (rys. 3) przeznaczone jest do praktycznego pokazu funkcjonowania systemu sterowania pracą silnika w zakresie kąta wyprzedzania zapłonu, oraz zmian dawki paliwa w funkcji, prędkości obrotowej, obciążenia i wielu innych parametrów.

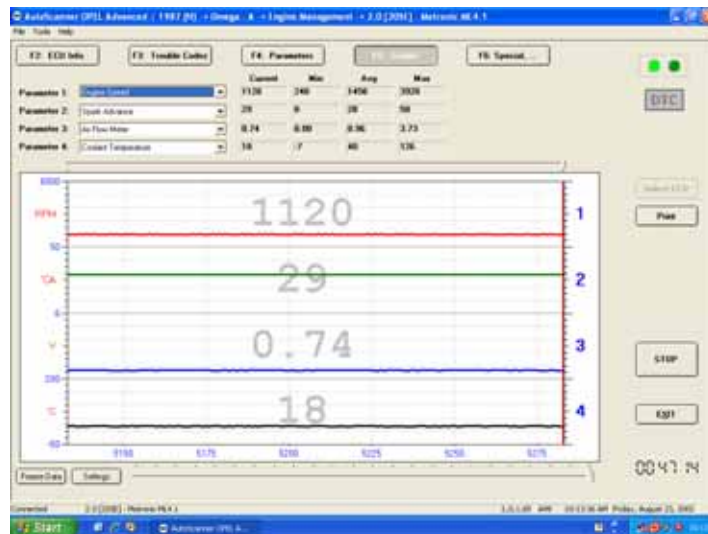


Rys. 3. Widok stanowiska badawczego

Źródło: Opracowanie własne.

Badania wypracowania przez sterownik kąta wyprzedzenia zapłonu KWZ oraz czasu wtryski t_i w funkcji zmian parametrów obciążenia silnika pojazdu

Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z przeprowadzonych badań przy użyciu diagnostyki Opelscaner przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Przykładowy obraz ekranu monitora komputera z wynikami przeprowadzonych badań z użyciem diagnostyki Opelscaner

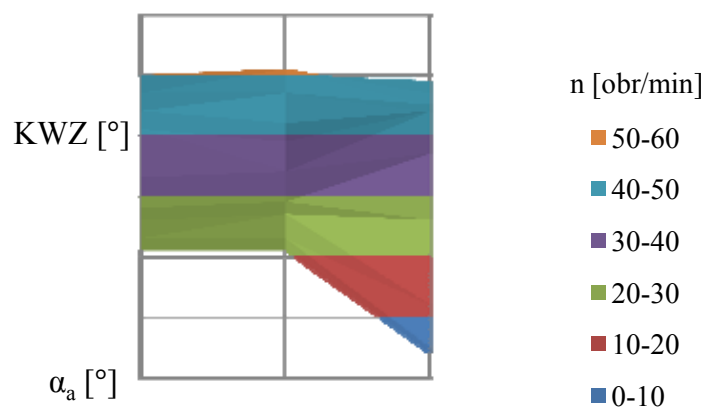
Źródło: Opracowanie własne.

Badanie zmian kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji kąta otwarcia przesłony przepływomierza 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 przepływomierza: 20, 40, 60 [°]
- n_s – prędkość obrotowa silnika z przedziału od 1000 do 4000 [obr/min].

Na podstawie otrzymanych wyników badań (tab. 1) wykreślono mapę roboczą (rys. 5), która obrazuje zmianę kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji prędkości obrotowej silnika dla trzech różnych uchylen przesłony spiętrzającej przepływomierza.



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

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski:

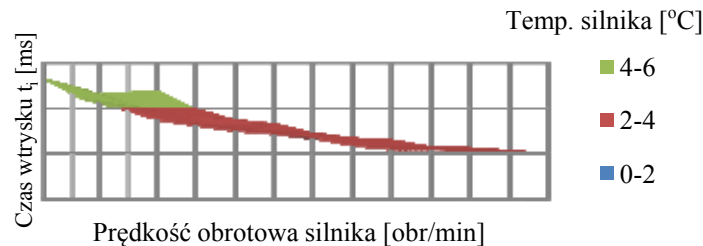
Podczas wzrostu prędkości obrotowej przy stałym obciążeniu kąt wyprzedzenia zapłonu zwiększa się. Wzrost prędkości obrotowej powoduje skrócenie czasu przypadającego na spalanie mieszanki. Aby uniknąć zakończenia spalania w coraz większej odległości od GMP, zapłon musi następować coraz wcześniej. Z kolei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

Badanie sterownika w zakresie sygnału sterującego wtryskiwaczami (t_i) w funkcji zmian temperatury cieczy chłodzącej

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 od 1000 do 3000 [obr/min],
- α_p – przepustnica powietrza częściowo otwarta.

Na podstawie otrzymanych wyników badań wykreślono mapę roboczą (rys. 6) czasu wtrysku (t_i) w funkcji prędkości obrotowej silnika dla trzech różnych temperatur silnika.



Rys. 6. 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 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 sterownika silnika samochodowego wymaga wykonania pomiarów oraz wykreślenia „map roboczych” obejmujących jak największy zakres zmian sygnału obciążenia silnika. Może nim być sygnał z przepływomierza powietrza, temperatury silnika lub inny. Sprawdzenie diagnostyczne polega na ocenie wybranych sygnałów sterujących kąta wyprzedzenia zapłonu lub czasu zwarcia wtryskiwacza, dla określonych prędkości silnika i obciążenia, odczytanych z wykresu wielkości sygnału sterującego. Następnie należy je porównać z danymi producenta lub zawartymi w AutoData. Takie sprawdzenie przeprowadza się dla kilku wartości z całego przedziału prędkości silnika, uwzględniając prędkości biegu jałowego oraz częściowego i pełnego obciążenia silnika. Jeżeli wynik porównania danych sterujących z „mapy roboczej” z wzorcowymi jest w przybliżeniu zgodny, można podjąć decyzję diagnostyczną o poprawnej pracy sterownika.

BIBLIOGRAFIA

1. Duer S.: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej*, t. I, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2009, s. 199.
2. Duer S., Duer R., Duer P.: *Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic*, [w:] *Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska* pod red. L. Kukielki, Słupsk, 2009, s. 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., Konrad Zajkowski: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej*, t. II, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2010, s. 210.
6. 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. Bosch, Kraków, 2008.
9. www.auto-online.pl.

TEST „MAP WORKING” BASIS FOR DIAGNOSIS OF THE CONTROLLER ENGINE

Abstract

The article presents the problem of investigation of motor vehicle driver. Study efficiency motor driver is a difficult diagnostic projects. Faith-worthy examination of the engine controller is based on his examination of the traces' „working maps” – signals, fuel injection and ignition. The study should be for a select few control the size of the „working map” at various engine speeds make the comparison with the reference values (service). The result of this diagnosis to assess the efficiency of the motor driver.

Autorzy:

dr inż. **Stanisław Duer** – Politechnika Koszalińska

dr inż. **Konrad Zajkowski** – Politechnika Koszalińska

dr inż. **Jacek Paś** – Wojskowa Akademia Techniczna

mgr inż. **Ireneusz Płocha** – ATENA, Usługi Informatyczno Finansowe sp. z o.o., Sopot

mgr inż. **Piotr Ziatyk** – Politechnika Koszalińska