

Badanie „map roboczych” w układzie zapłonowym pojazdu

Stanisław Duer

W pracy przedstawiono problematykę badania układu zapłonowego sterowanego ze sterownika silnika. Celem prowadzonych badań diagnostycznych jest określenie stanu sprawności układu zapłonowego. Podstawowe badanie przy użyciu typowych metod i typowych narzędzi pomiarowych czy nawet diagnoskopów jest nie wystarczające. Pełniejszym badaniem w układzie zapłonowym jest możliwe do wykonania. W tym celu dokonuje się pomiarów sygnałów sterujących w układzie zapłonowym np. kąta wyprzedzenia zapłonu lub czasu zwarcia. Na podstawie tych pomiarów wykreślane są „mapy robocze”. Znajomość „map roboczych” w dalszym etapie badań są podstawą do analizy uzyskanych wyników pomiarowych z danymi zawartymi w bazach serwisowych np. bazie serwisowej „AutoData”. Sposób proponowanej diagnostyki polega na sprawdzeniu poprawności parametrów sygnałów badanych z ich sygnałami wzorcowymi zawartymi w bazie serwisowej.

Słowa kluczowe: sterownik silnika, układ zapłonowy, „mapy robocze”.

Wstęp

Klasyczne układy zapłonowe czy układy z modułami zapłonowymi sterowały tylko kątem wyprzedzenia zapłonu, rzadziej energią iskry, w funkcji prędkości obrotowej i obciążenia silnika. Rozwój elektroniki samochodowej wymusił szersze jej stosowanie w procesie sterowania funkcjami pracy silników. Przystosowanie układów elektronicznych sterowanych komputerem do warunków pracy w pojazdach umożliwiło wprowadzenie wieloparametrowego z wykorzystaniem „map zapłonu” sterowania wtryskiem i zapłonem (rys. 4.1) przez sterowniki mikroprocesorowe. Mikrokomputer, jakim jest elektroniczny sterownik silnika spalinowego, otrzymuje informacje od kilkudziesięciu przetworników i czujników o chwilowym stanie pracy i sterowaniu przez kierowcę. Nadal głównymi parametrami sterującymi do wyznaczenia kąta wyprzedzenia zapłonu pozostały prędkość obrotowa (rys. 4.1) i obciążenie silnika. Jednakże coraz częściej wykorzystuje się detekcję spalania stukowego [2, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 13, 15, 15, 17, 18, 19].

Mogą być uwzględnione także: stan cieplny silnika, parametry układów oczyszczania spalin, załączenie dodatkowych odbiorników energii. W układzie wyjściowym sterownika (stopniu mocy) następuje wzmocnienie sygnału

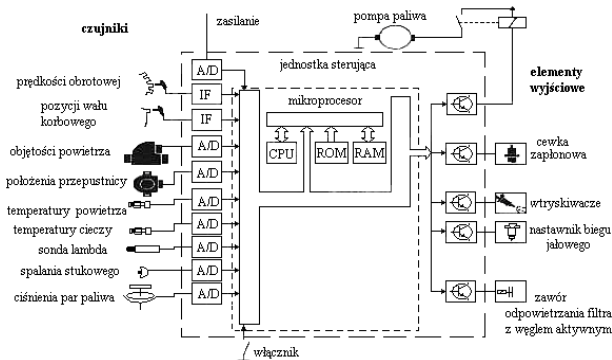
prądowego. Zwykle w starszych rozwiązaniach stopnie mocy były oddzielone od sterowników i wyglądały podobnie jak moduły zapłonowe. Było to podyktowane obawą przed umieszczeniem w jednej obudowie układów wysoko- i niskoprądowych o bardzo różnych poziomach napięć, np. 5V i 400V. W celu pomiaru prędkości obrotowej wykorzystywano pozostałe z poprzednich konstrukcji aparaty zapłonowe.

Diagnostyka układów zapłonowych sterowany komputerowo ze sterownika silnika jest bardzo skomplikowana. Klasyczne pomiary są źródłem istotnych informacji o parametrach pracy tego układu oraz całego systemu silnika lecz nie są to badania wystarczające. Poszukuje się innego typu metod diagnostyki układów mechatronicznych pojazdu np. prowadzenie badań na podstawie wyznaczonych „map roboczych” [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

1. Struktura sterownika w silniku benzynowym typu Motronic

System sterowania silnikiem benzynowym Motronic jest elektronicznym układem regulacji (Rys. 1). Zadaniem systemu Motronic jest zintegrowane sterowanie dopływem powietrza i paliwa do silnika oraz elektroniczne optymalizowanie procesu zapłonu pod kątem aktualnego trybu jazdy [1-11]. System Motronic, w oparciu o dane z czujników, oblicza optymalne wartości dla każdego procesu wtrysku i spalania, czyli ponad 6000 razy na minutę. Zastosowano tu jedną elektroniczną jednostkę sterującą, jedną wiązkę sterującą i szereg czujników wspólnych dla obu obwodów. Główny element systemu - sterownik elektroniczny, składa się z mikroprocesora (CPU) i pamięci (ROM i RAM). W pamięci ROM (ang. Read Only Memory) przechowywany jest program pamięci trwałej w formie kilku trójwymiarowych map.

Mapy te zostały dobrane eksperymentalnie na hamowni, aby zapewnić najkorzystniejsze parametry eksploatacji: niskie zużycie paliwa, małe zanieczyszczenia i odpowiednie przyśpieszenie [1, 5, 8, 9, 10, 11]. Urządzenie sterujące odczytuje z nich wymagane wartości kąta wyprzedzenia zapłonu i czasu trwania wtrysku benzyny i inne sygnały sterujące, odpowiadające występującym w danej chwili wartościom prędkości i obciążenia silnika.

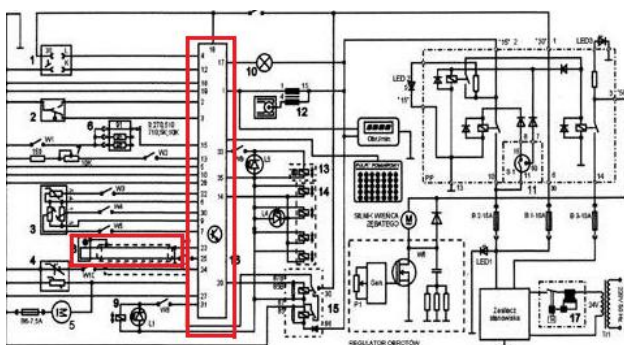


Rys. 1. Schemat funkcjonalny systemu sterowania Motronic, gdzie: A/D – przetwornik analogowo-cyfrowy, IF – układ formowania impulsów, CPU – mikroprocesor, ROM – pamięć stała, RAM – pamięć robocza.

„Pobieranie” danych z „map sterujących” jest znacznie szybsze niż ich obliczanie wartości sterujących. Jeżeli urządzenie jest dobrze zaprojektowane, to mapa danych sterujących będzie zawierać praktycznie wszystkie możliwe kombinacje wartości sterowania dla 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 sterujące uwzględnione [8, 9, 10, 11, 12, 13].

2. Badanie układu zapłonowego

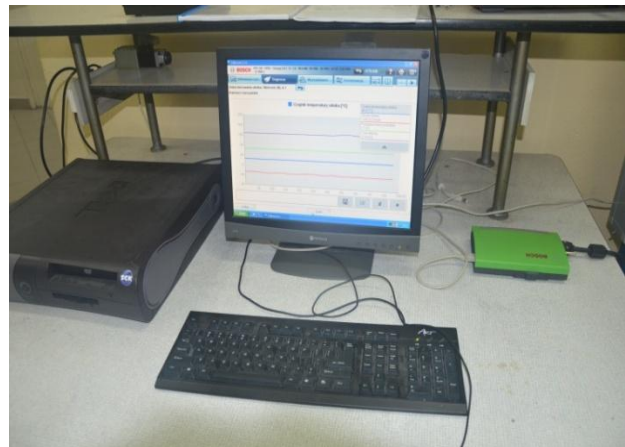
Podstawą badań w układach mechatroniki pojazdowej jest zlokalizowanie elementów funkcjonalnych w badanym w układzie zapłonowym Rys. 2).



Rys. 2. Schemat układu badawczego z zaznaczonym sterownikiem o sygnałach sterujących na pinach 1 i 10 oraz czujnik indukcyjny połączony ze sterownikiem za pomocą pinów 23, 25

W celu zlokalizowania elementów badanego układu jest schemat ideowy systemu sterowania silnikiem. Istota lokalizacji elementów to nie tylko ich wyznaczenie w strukturze wewnętrznej silnika, ale ważniejszym w tym badaniu jest określenie połączenia elementów danego układu sposobu ich połączenia poprzez piny ze sterownikiem, gdzie jest pin

sygnałowy jak rozwiązano zasilanie elementu, a w końcu gdzie jest pin „masy czyli (-)”. Na podstawie tego schematu (Rys. 2) są określone piny połączeniowe elementów układu zapłonowego ze sterownikiem. Powyższa znajomość tej informacji jest podstawą przy organizacji systemu badawczo-pomiarowego. W badaniach wykorzystano stanowisko badawcze opracowane na bazie diagnostyki KTS 530 Bosch oraz oprogramowania [ESItronic 2.0], które przedstawiono na rys. 3 [2, 3, 4, 5, 6, 7, 15, 17].



Rys. 3. Stanowisko badawcze opracowane na bazie diagnostyki KTS 530 Bosch

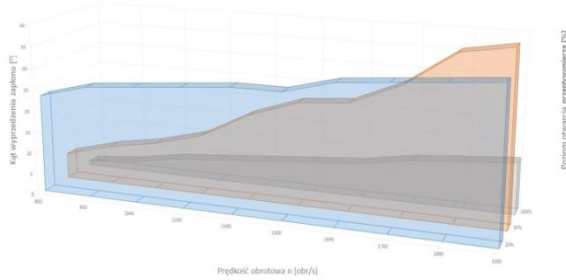
Pierwszym etapem badania był komputerowy zestaw pomiarowy z wykorzystaniem diagnostyki KTS Bosch pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu, przy zmiennej prędkości obrotowej i zmiennym poziomie otwarcia przepływomierza pomiar dokonywano dla stałej temperaturze pracy silnika 41°C. Wyniki zamieszczono w poniższej tabeli 1.

Tab.1. Zestawienie wyników pomiarowych

| RPM | tz | | |
|------|-----------------|-----------------|------------------|
| | $\alpha = 20\%$ | $\alpha = 50\%$ | $\alpha = 100\%$ |
| 800 | 23 | 6 | 1 |
| 960 | 26 | 9 | 2 |
| 1040 | 27 | 11 | 4 |
| 1200 | 28 | 14 | 5 |
| 1400 | 29 | 20 | 6 |
| 1500 | 29 | 24 | 7 |
| 1640 | 32 | 25 | 8 |
| 1760 | 33 | 30 | 10 |
| 1880 | 34 | 38 | 11 |
| 2000 | 35 | 40 | 12 |

W trakcie pomiarów zanotowano następujące zmiany napięcia: dla 20% otwarcia przepływomierza 0.61V, dla 50% otwarcia przepływomierza 2.44V, dla 100% otwarcia przepływomierza 4.82V. Na podstawie zebranych danych wykonano wykres „mapy roboczej”, który przedstawiono na rys. 4.

Wykres zależności kąta wyprzedzenia zapłonu funkcji prędkości obrotowej, dla stałej temperatury silnika 41°C



Rys. 4. Wykres „mapa robocza” zależności wyprzedzenia kąta zapłonu funkcji prędkości obrotowej, dla stałej temperatury silnika 41 stopni

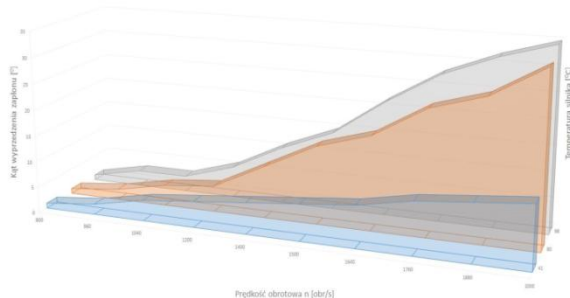
Drugim etapem badania był komputerowy pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu, przy zmiennej prędkości obrotowej i zmiennej temperaturze silnika, ale przy stałym otwarciu przepływomierza (100%). Zebrane dane przedstawiono w poniższej tabeli 2.

Tab.2. Zestawienie wyników pomiarowych

| RPM | tz | | |
|------|---------|---------|---------|
| | T = 41° | T = 80° | T = 98° |
| 800 | 1 | 1 | 1 |
| 960 | 2 | 2 | 3 |
| 1040 | 4 | 4 | 3 |
| 1200 | 5 | 5 | 6 |
| 1400 | 6 | 10 | 11 |
| 1500 | 7 | 15 | 15 |
| 1640 | 8 | 18 | 22 |
| 1760 | 10 | 24 | 28 |
| 1880 | 11 | 27 | 32 |
| 2000 | 12 | 33 | 35 |

W trakcie tych pomiarów napięcie sygnały z przepływomierza powietrza podawanego do sterownika było stałe i wynosiło 2.56V. Na podstawie zebranych danych, stworzono następujący wykres (Rys. 5)

Wykres zależności kąta wyprzedzenia zapłonu funkcji prędkości obrotowej dla różnych temperatur silnika



Rys. 5. Wykres „mapa robocza” zależności wyprzedzenia kąta zapłonu funkcji prędkości obrotowej, dla różnych temperatur silnika

Kąt wyprzedzenia zapłonu, czyli inaczej położenie tłoka w cylindrze silnika określane względem kąta wału korbowego, to jeden z najważniejszych parametrów odczytywanych przez sterownik. Właściwe odczytanie jego wartości jest niezbędne do poprawnej pracy całego układu. Zostało to wykazane w trakcie badań, gdzie zaobserwować można było, od ilu różnych parametrów zależne jest jego funkcjonowanie.

Na przykład kąt wyprzedzenia zapłonu jest zupełnie inny dla temperatury pracy silnika wynoszącej 41°C i prędkości obrotowej 1040 obr/min dla stanu z przepływomierzem otwartym tj. dla 100° inne dane sterujące uzyskano dla badań dla temperatury pracy silnika 41°C, prędkości obrotowej 1040 badaniu wykonanym, gdy przepływomierz jest otwarty tylko częściowo dla 20°.

Podsumowanie

Celem przeprowadzonych badań jest określenie stanu sprawności układu zapłonowego. Podstawowe badanie przy użyciu typowych narzędzi pomiarowych czy nawet diagnostów jest nie wystarczające. Pełniejszym badaniem w układzie zapłonowym jest wykonanie pomiarów sygnałów sterujących w tym układzie np. kąta wyprzedzenia zapłonu lub czasu zwarcia. Na podstawie tych pomiarów wykreślane są „mapy robocze”. Znajomość „map roboczych” w dalszym cyklu jest podstawą do analizy uzyskanych wyników pomiarowych z danymi zawartymi w bazach serwisowych. Dopiero taka analiza jest miarodajna i pełna co do oceny stanu sprawności danego układu.

Bibliografia

1. Banaszek K. Struski B., Duer S.: Zastosowanie ogniwi paliwowych PEM w pojazdach samochodowych. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 8/2016, str., 226-229.
2. Duer S.: Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom I. Wyd. Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2009, str. 199.
3. Duer S., Duer R., Duer P.: Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic. Słupskie XII Forum Motoryzacji „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska” Słupsk, 2009, str. 79-86.
4. Duer S., Zajkowski K., Duer R.: Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego. „XV Conference Computer Applications in Electrical Engineering” Poznan University Of Technology, Poznan, April 19-21, 2010, pp. 255-256.
5. Duer S., Zajkowski K.: Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom II. Wyd. Politechniki Koszalińskiej. Koszalin, 2010, str. 210.
6. Duer S.: Laboratorium mechatroniki samochodowej. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2014. str. 196.
7. Duer S., Zajkowski K.: *Badanie laboratoryjne rozrusznika samochodowego*. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe Nr 6/2016 s. 840-843/1835, ISSN 1509-5878

8. Duer S.: Badanie układu samodiagnostyki w systemie Motronic ML 4.1. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 6/2016, str. 840-843.
9. Duer S., Grzyb J.: Wykorzystanie serwisowych bazy wiedzy w diagnostyce sieci CAN. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 6/2016, str. 836-839.
10. Duer S., Dołgopól K.: Badanie przepływomierza powietrza z wykorzystaniem diagnoskopu FSA 720 Bosch. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 6/2016, str. 833-835.
11. Duer S., Zajkowski K. Z. Palkova, O. Lukac.: Diagnoskopowe badanie sieci CAN. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe Nr 8/2016 s.78-81/355, ISSN 1509-5878
12. Duer S.: Badanie laboratoryjne alternatora. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 8/2016, str. 71-74.
13. Duer S., Hintzka P., Banaszek B., Struski B.: Badanie sondy λ z użyciem diagnoskopu. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 8/2016, str.,75- 77
14. Kneba Z., Makowski S.: Zasilanie i sterowanie silników. WKŁ Warszawa 2004
15. Gajek A., Juda Z.: Czujniki. WKŁ, Warszawa, 2008.
16. Przyborowski W., Kamiński G., Kosk J.: Laboratorium maszyn elektrycznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.

Autorzy:

Prof. nadzw. dr hab. inż. **Stanisław DUER** - Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Energetyki, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, e-mail: stanislaw.duer@tu.koszalin.pl

Study of the ignition system Motronic

The paper presents the problem of testing the ignition system controlled by the engine controller. The aim of the diagnostic tests to determine the state of efficiency of the ignition system. The basic test using conventional methods and common tools of measurement is not sufficient. Fuller investigation in the ignition system is feasible. For this purpose, measurements are carried out control signals in the ignition system, eg. Ignition timing or a short time. On the basis of these measurements are plotted "working maps". Knowledge of the "working map" in the next stage of research are the basis for the analysis of the results from the measurement data contained in databases such service. Maintenance base "Autodata". Method for the diagnosis relies mainly on checking the correctness of signal parameters studied with the calibrating signals contained in the database service.

Key words: engine control unit, ignition system, "working map".

17. Gładyszek J., Gładyszek M.: *Poradnik diagnostyki samochodowej*. Wyd., Kraków, 2008.
18. *Podstawy działania samochodowych instalacji elektrycznych*. Poradnik Serwisowy, nr 1/2006.
19. www.auto-online.pl