

# Badanie układu zapłonowego sterowanego komputerowo

Stanisław Duer, Konrad Zajkowski

## Streszczenie

W pracy przedstawiono istotę badania układu zapłonowego sterowanego komputerowo z wykorzystaniem diagnostyki FSA 720 Bosch. Diagnostowanie tej klasy urządzeń technicznych, którym jest sterownik wraz z elementami układu zapłonowego wymaga użycia specjalistycznych urządzeń pomiarowych. Podstawą proponowanej diagnostyki jest uzyskanie wyników pomiarowych sygnałów w danym układzie następnie porównania tych sygnałów z ich sygnałami wzorcowymi zawartymi w danych serwisowych.

**Słowa kluczowe:** technika samochodowa, sterowanie komputerowe, komputerowy układ zapłonowy, diagnostyka techniczna.

## 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 przez sterowniki mikroprocesorowe. Mikrokomputer, jakim jest elektroniczny sterownik silnika spalinyowego, otrzymuje informacje od kilkudziesięciu czujników o chwilowym stanie pracy i sterowaniu przez kierowcę. Nadal głównymi parametrami sterującymi do wyznaczenia kąta wyprzedzenia zapłonu pozostały prędkość obrotowa i obciążenie silnika. Jednakże coraz częściej wykorzystuje się detekcję spalania stukowego.

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 impulsów sterujących zapłonem. W starszych rozwiązaniach stopnie mocy były oddzielone od sterowników i wyglądały jak klasyczne moduły zapłonowe (Rys. 1).

## 1. Elektroniczne układy zapłonowe II-iej generacji

W nowoczesnych elektronicznych układach zapłonowych (rys. 1) można wyodrębnić:

- zespół sterujący z mikroprocesorem lub z modułem zapłonowym,
- zespół wykonawczy (z modułem zapłonowym) i cewką zapłonową.

Do pamięci zespołu sterującego są wprowadzone charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu w zależności od różnych parametrów jak: prędkości obrotowej, obciążenia, temperatury itp. Sygnały z czujników położenia i prędkości wału korbowego, czujnika podciśnienia, czujników temperatury i innych są doprowadzane do zespołu sterującego. Na ich podstawie jest określany optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu dla innych warunków pracy silnika. Optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu może być również określany przez sygnały z czujnika

detonacji, ponieważ spalanie mieszanki nieco poniżej granicy detonacji (spalania stukowego) jest korzystne.

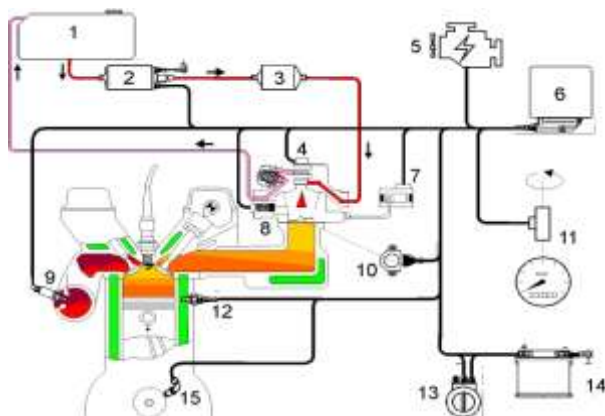


**Rys. 1.** Moduł zapłonowy systemu DIS [8], gdzie: 1 – zasilanie (-), zasilanie (+), 3 – masa, 4 – (+12 V)

Sygnały z zespołu sterującego powodują włączenie prądu pierwotnego przez zespół wykonawczy, a następnie wyłączenie tego prądu przy optymalnym kącie wyprzedzenia zapłonu.

Na rys. 2 pokazano przykładowy układ zapłonowy II-iej generacji. Blok elektroniczny 6 stanowią zespół sterujący z mikroprocesorem oraz moduł sterujący prądem cewki zapłonowej. Czujnik 16 położenia i prędkości wału korbowego współpracuje z wieńcem zębatym koła zamachowego silnika. Czujnik 5 służy do mierzenia temperatury zasysanego powietrza, a czujnik 12 – temperatury płynu chłodzącego silnik. Czujnik 10 określa położenie przepustnicy gaźnika; położenie przepustnicy jest proporcjonalne do obciążenia silnika. Czujnik detonacji, jeżeli jest w systemie, przekazuje sygnały zapewniające spalanie mieszanki na granicy spalania detonacyjnego.

Obecnie powszechnie stosuje się elektroniczne układy oparte na mikroprocesorach. Układy te sterują jednocześnie zapłonem i wtryskiem benzyny, a ponadto regulują prędkość obrotową biegu jałowego oraz samodiagnostują cały system zapłonowo-wtryskowy. Głównym elementem omawianego układu (rys. 2) jest elektroniczny zespół sterujący 6 (z modułem zapłonowym) [8, 10-12].



**Rys. 2.** Układ elektroniczny D-Jetronic sterujący wtryskiem i zapłonem II-ej generacji [12], gdzie: 1 – zbiornik paliwa, 2 – pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – wtryskiwacz i regulator ciśnienia paliwa, 5 – czujnik ciśnienia absolutnego i temperatury powietrza, 6 – elektroniczny zespół sterujący z mikroprocesorem i modułem zapłonowym, 7 – czujnik ciśnienia kolektora dolotowym, 8 – siłownik stabilizacji wolnych obrotów, 9 – sonda lambda, 10 – czujnik położenia przepustnicy, 11 – czujnik prędkości obrotowej, 12 – czujnik temperatury wody (silnika), 13 – wyłącznik zapłonu, 14 – akumulator, 15 – czujnik położenia i prędkości wału korbowego, 20 – cewki zapłonowe dwubiegunowe

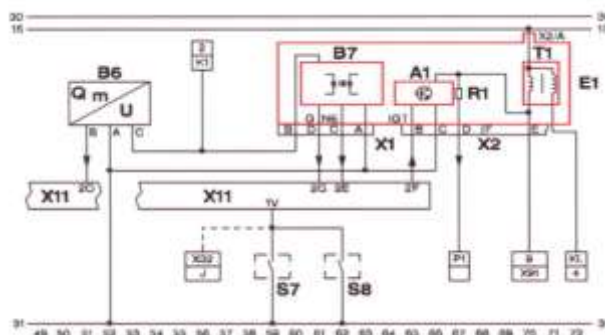
W pamięci mikroprocesora zakodowano optymalne (dla wszystkich możliwych warunków pracy silnika) parametry elementów wykonawczych takich, jak: wtryskiwacz benzyny 6, moduł zapłonowy z cewkami i inne. Zespół sterujący 6 steruje wtryskiem benzyny i zapłonem na podstawie sygnałów otrzymywanych z czujników: położenia i prędkości wału korbowego 15, temperatury płynu chłodzącego 12, temperatury zasysanego powietrza 5, ciśnienia absolutnego 5, położenia przepustnicy 10, sondy lambda 9 i ewentualnie innych. Sygnały te odzwierciedlają aktualne warunki pracy silnika i umożliwiają zespołowi elektronicznemu dobór wtrysku i zapłonu o optymalnych parametrach. Benzyna jest dostarczana ze zbiornika 1 do zespołu wytwarzającego mieszanke za pośrednictwem pompy 2, przez filtr 3. Ciśnienie benzyny jest regulowane regulatorem 4. Wtryskiwacz 4 w odpowiedniej chwili wtryskuje dawki benzyny. Iskry zapłonowe wytwarzają dwie cewki zapłonowe dwubiegunowe [1, 5, 8, 9]. Moduł zapłonowy sterowany elektronicznym zespołem 6 wymusza przepływ i przerwę prądu pierwotnego w tych cewkach. Prędkość obrotowa biegu jałowego jest regulowana za pomocą urządzenia 8, które ustala kąt położenia przepustnicy. Urządzenie to jest sterowane zespołem sterującym 6. Czujniki są ciągle testowane przez moduł autodiagnostyki zespołu sterującego. W przypadku uszkodzenia czujnika, jego sygnał wyjściowy jest zastępowany odpowiednim sygnałem zastępczym, zaprogramowanym w zespole sterującym. Na przykład w przypadku uszkodzenia czujnika temperatury cieczy chłodzącej, wykorzystywane są sygnały zakodowane w pamięci, odpowiadające założonej temperaturze, np. 90°C. W podobny sposób są zastępowane inne uszkodzone czujniki. Rozwiązanie takie umożliwia kontynuację jazdy i nie dopuszcza do ewentualnego uszkodzenia silnika. Zastępcze sygnały nie dotyczą tylko czujnika położenia i prędkości wału korbowego, ponieważ wyemitowanie takiego sygnału w oderwaniu od pracy silnika miałyby się z celem. Tak więc w przypadku uszkodzenia

tego czujnika — silnika nie da się uruchomić.

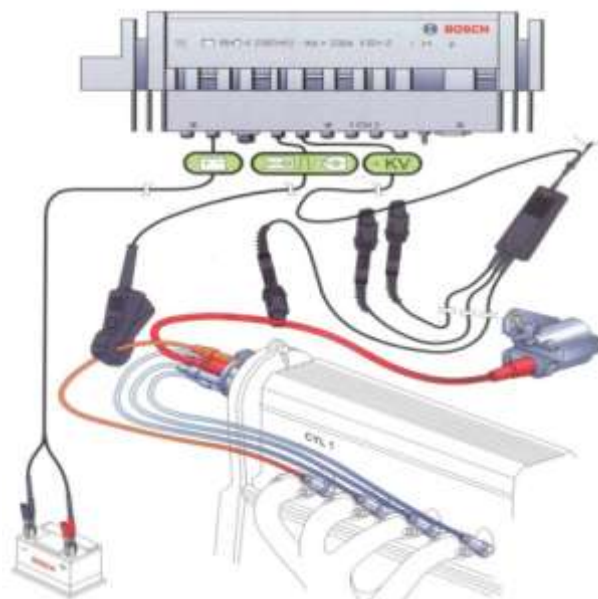
## 2. Badanie układu zapłonowego z wykorzystaniem diagnostyki FSA 720 Bosch

Z menu diagnostyki należy wybrać funkcję pomiarową w kolejnych krokach wykorzystując schemat zaprezentowany na rys. 3 należy wykonać czynności:

- Zapiąć krokodylki – czerwony na klemę plusową a czarny na klemę minusową akumulatora.
- Zapiąć sondę indukcyjną na przewód zapłonowy pierwszego cylindra w celu synchronizacji przebiegu oscyloskopowego.
- Zapiąć sondę pojemnościową (czarną-KV) na przewód zapłonowy pomiędzy cewką a kopułką aparatu zapłonowego.
- Pozostałe niewykorzystane sondy pojemnościowe zapiąć na przewód pomiarowy prowadzący do diagnostyki silnikowej.



**Rys. 3.** Schemat układu sterowania silnikiem o zapłonie ZI [11], gdzie: E1 – rozdzielnik zapłonu, X2 – 6-cio stykowe złącze na rozdzielniku zapłonu, Pin A – zasilanie cewki zapłonowej (pin 15), Pin E – masowanie cewki zapłonowej (Cyl. I/A), Ok – moduł zapłonowy, T1 – cewka zapłonowa, B7 – czujnik położenia i prędkości obrotowej, X11 – złącze sterownika systemu wtryskowego

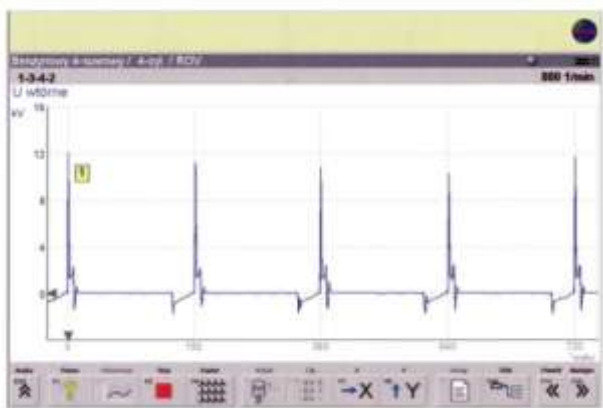


**Rys. 4.** Schemat połączeń do pomiaru obwody wtórnej cewki WN [11]

Badanie obwodów wysokiego napięcia sprowadza się do analizy schematu elektrycznego układu sterowania zapłonem (rys. 4), następnie obserwacji uzyskanych przebiegów oscyloskopowych, które są źródłem wielu cennych informacji o pracy tego układu. Więcej informacji zawiera przebieg oscyloskopowy oglądany na ekranie diagnostyki silnikowej. Jednak wymaga on od diagnosty dużej wiedzy i doświadczenia w interpretacji przebiegów oscyloskopowych [2, 3, 4, 6, 7].

Przy użyciu przycisku **F4** uzyskuje się oscyloskopowe przebiegi wysokiego napięcia, przedstawiając je na dwa różne sposoby. Funkcja **Parada** prezentuje przebieg zapłonów kolejno jeden za drugim w linii poziomej, zgodnie z kolejnością zapłonów (rys. 5).

Funkcja **Raster** prezentuje przebiegi wysokiego napięcia ułożone jeden nad drugim, co ułatwia porównanie między sobą poszczególnych odcinków przebiegu. Na osi pionowej umieszczone są numery cylindrów oznakowane zgodnie z kolejnością zapłonów.



Rys. 5. Wykres prądu w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej [11]

Prezentowane przebiegi oscyloskopowe są przyporządkowane do określonych cylindrów (rys. 8). Po zwiększeniu prędkości obrotowej silnika można obserwować zjawisko jednoczesnego zmniejszenia amplitudy napięcia przebiecia. Zjawisko to jest związane z wyprzedzeniem zapłonu i przez to ze zmniejszeniem ciśnienia w cylindrach, co z kolei powoduje zmniejszenie rezystancji między elektrodami świecy zapłonowej.

Szerokość piku napięcia przebiecia jest bardzo mała, stąd na ekranie (rys. 6) widoczny jest impuls (cienka, wysoka, pionowa linia). Jednak, gdyby oglądany przebieg chwilowo lub na stałe poszerzył się, to mogłoby to oznaczać przerwę w cewce zapłonowej.

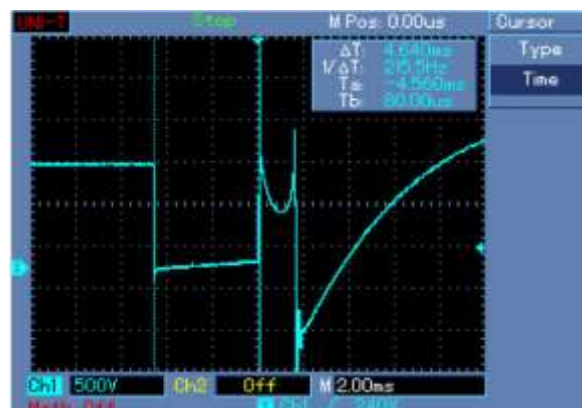
Przycisk **F7** umożliwia zmianę podstawy czasu przebiegu, która dla funkcji **Parada** może być przedstawiona w skali kątowej 720°, procentowej 100% lub czasowej 2..500 ms. Użycie podstawy czasu na przykład 20 ms pozwala na dokładne przeanalizowanie przebiegu wysokiego napięcia osobno dla każdego cylindra (rys. 7).

Za pomocą przycisku **F8** można dostosować czułość wejścia oscyloskopu i dopasować ją do amplitudy sygnału wejściowego. Do wyboru jest kilka podzakresów 5..50 kV.

Po fazie pojemnościowej przedstawionej na rys. 6, 7 i 8 zaczyna się faza indukcyjna związana z podtrzymaniem wyładowania iskrowego na świecy zapłonowej. Zjawisko to charakteryzuje się określonym napięciem i czasem trwania łuku elektrycznego między elektrodami świecy zapłonowej.



Rys. 6. Wykres prądu w uzwojeniu wtórnym dla jednego cylindra [11]



Rys. 7. Przebieg napięcia w obwodzie pierwotnym z przykładowym pomiarem czasu zwarcia tranzystora sterującego

Czas trwania łuku elektrycznego musi być dostatecznie długi, aby zapewnić skuteczny zapłon mieszanki. Skrócenie tego czasu może być spowodowane zbyt dużą rezystancją obwodu wysokiego napięcia danego cylindra. W tym wypadku energia zapłonu w dużej mierze zostaje pochłonięta przez układ wysokiego napięcia (przewody zapłonowe, rezystory przeciwzakłócenkowe, palec rozdzielacza zapłonu itp.), a pozostała jej część może być niewystarczająca do zapłonu mieszanki. Krótki czas wyładowania iskrowego (ogon iskry) pociąga za sobą wzrost napięcia między elektrodami świecy zapłonowej (poziomy odcinek przebiegu iskry).

## Wnioski

Diagnostyka komputerowego układu zapłonowego może być realizowana bez użycia diagnostyki poprzez badanie sygnałów w wybranych punktach układu z wykorzystaniem oscyloskopu. Podjęcie decyzji o poprawności pracy tego układu jest właściwe tylko na porównaniu otrzymanych oscylogramów z danymi serwisowymi zawartymi w bazach danych "AutoData" i itp. Analizując krzywe oscyloskopowe wysokiego napięcia należy zwrócić uwagę na charakterystyczne kształty przebiegu. Wszelkie odchyłki mogą być uznane jako anomalie przebiegu i należy je poddać szczegółowej analizie. Przy porównywaniu przebiegów warto zwrócić uwagę przede wszystkim na

wysokość napięcia przebicia. Wysokość pików może zmieniać się w czasie, co jest naturalne z uwagi na cyfrowy charakter pomiaru. Jednak są to niewielkie wahania amplitudy napięcia przebicia. Jeśli występuje stała różnica w wysokości pików, to może ona świadczyć o usterce układu wysokiego napięcia.

### 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*. „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*. „ZKwE 2010”. 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 Tom II*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2010, str. 210.
6. Duer S.: *Diagnostic system with an artificial neural network in diagnostics of an analogue technical object*. Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19., No. 1., pp. 55-60.
7. Duer S.: *Artificial neural network in the control process of object's states basis for organization of a servicing system of a technical objects*. Neural Computing & Applications. 2012, Vol. 21, No. 1, pp. 153-160.
8. Duer S.: *Laboratorium mechatroniki samochodowej*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2014. str. 196.
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., Kraków, 2008.
12. www.auto-online.pl.

## The study computer-controlled ignition system

### Abstract

*The paper presents the essence of the study computer-controlled ignition system using testing devices, FSA 720 from Bosch. Diagnosing this class technical equipment, which is the driver with the elements of the ignition system requires the use of specialized measuring equipment. The basis of the proposed diagnosis is to obtain the measurement results of signals in a given system then compare these signals with calibrating signals contained in the data service.*

**Key words:** automotive technology, computer control, computer ignition system, technical diagnostics.

### Autorzy:

Prof. nadzw. dr hab. inż. **Stanisław Duer** - Politechnika Koszalińska  
Dr inż. **Konrad Zajkowski** - Politechnika Koszalińska