

Adrian WALASZYK
Waldemar BUSZ

PTNSS–2013–SC–191

Application of optical method for the analysis delay between control injector coil and beginning of the fuel injection

Abstract: This paper describes the use of optical methods for measuring the delay between the control coil of injector and the real occurrence of fuel injection. For this purpose LED diode was used in the infrared spectrum and a photodiode as detector. Fuel injection takes place between these elements causing the voltage drop in the photodiode circuit, and fuel injection time record. The measurements were made on the testing bench of pumps and injectors CSM "Autoelektronika Kędzia".

Keywords: *diagnostics, diesel engine, injector, method of optical*

Zastosowanie metody optycznej do analizy opóźnienia pomiędzy wysterowaniem cewki wtryskiwacza, a początkiem wtrysku paliwa

Streszczenie: W artykule przedstawiono zastosowanie metody optycznej do pomiaru opóźnienia pomiędzy wysterowaniem cewki wtryskiwacza a fizycznym wystąpieniem wtrysku paliwa. W tym celu zastosowano diodę w zakresie fal podczerwonych i fotodiode jako detektor. Wtrysk paliwa następuje pomiędzy tymi elementami powodując spadek napięcia na fotodiodzie i rejestrację czasu wtrysku paliwa. Pomiary zostały przeprowadzone na stanowisku testowania pomp i wtryskiwaczy firmy CSM "Autoelektronika Kędzia".

Słowa kluczowe: *diagnostyka, silnik ZS, wtryskiwacz, metoda optyczna*

1. Wstęp

Rozwój silników zwłaszcza wysokoprężnych i wymagania dopuszczalnych ilości szkodliwych składników spalin i spełnienia kolejnej europejskiej normy jakości emitowanych gazów wydechowych, jest powodem do konstruowania nowoczesnych systemów wtryskowych. Ciśnienie wtryskiwanego paliwa oraz podział dawki na części podczas jednego cyklu pracy silnika, spowodował wzrost szybkości działania, a co za tym idzie także precyzji w sterowaniu wtryskiwacza. Współczesna diagnostyka wtryskiwaczy stosowanych zwłaszcza w silnikach o zapłonie samoczynnym wymaga nie tylko pomiaru dawek paliwa i przelewów wtryskiwaczy. Ważnym parametrem jest też opóźnienie jakie występuje pomiędzy początkiem wysterowania cewki wtryskiwacza, a rzeczywistym momentem wtrysku paliwa do komory. Jest to istotny parametr, na który wpływ ma funkcjonowanie układu hydraulicznego wtryskiwacza oraz sił tarcia pomiędzy elementami mechanicznymi (iglica, popychacz sterujący). Wtryskiwacz, który wykazuje nadmierne opóźnienie, powoduje przesunięcie rzeczywistego momentu wtrysku i związaną z tym zmianę parametrów spalania. Może to mieć niekorzystny wpływ na pracę silnika (obniżona moc). Obecnie wtryskiwacze dzielą dawkę paliwa nawet na osiem części. Pierwszą z nich jest wtrysk pilotujący i jest on najtrudniejszy do wykonania ze względu na krótkie czasy (100-300 μ s) i niskie ciśnienia, które wpływają na niską sprawność serwo mechanizmu. Może okazać się, że wtryskiwacz wykazujący duże opory ruchu mechanizmów wewnętrznych nie wtryskuje dawki

pilotującej. Niniejsza praca przedstawia zastosowanie nisko kosztowej metody optycznej [1, 2] w celu określenia opóźnienia pomiędzy wysterowaniem, a fizycznym wtryskiem paliwa, szczególnie przydatnej w diagnostyce warsztatowej.

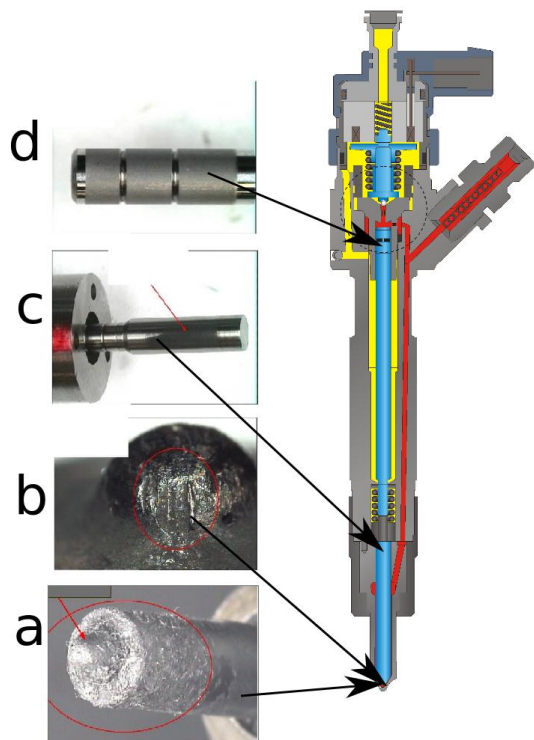


Rys. 1. Stanowisko testowania pomp i wtryskiwaczy systemów common rail i TDI

Metoda ta pozwala także wykrywać czy wtryskiwacz podaje małe dawki paliwa np. dawkę pilotującą.

2. Cel badania

Diagnostyka wtryskiwacza polega na sprawdzeniu jego działania i oceny dawki paliwa oraz przelewów. Jednak weryfikacji powinna podlegać także działanie układu mechaniczno-hydraulicznego i związane z tym opóźnienie wtrysku paliwa względem impulsu napięcia na cewce.

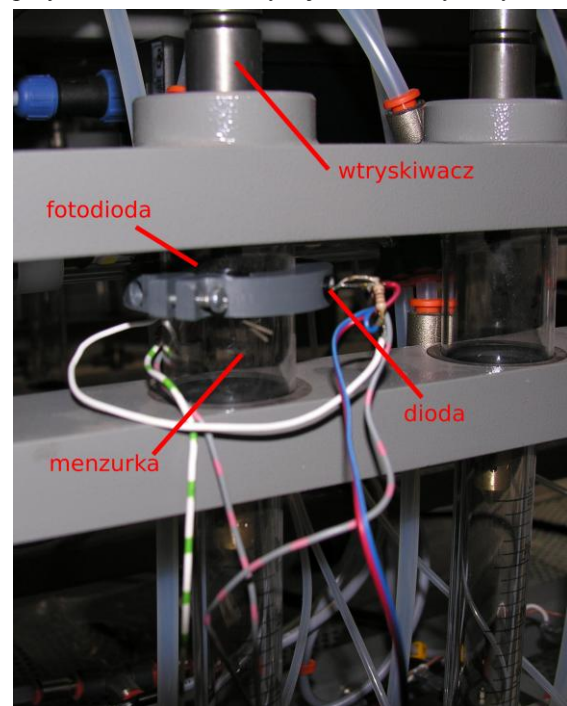


Rys. 2. Uszkodzenia wtryskiwacza elektromagnetycznego, a) rozpylacz z niedrożnymi kanałami, b) uszkodzony mechanicznie, c) zatarta iglica, d) zatarty popychacz sterujący

Na rys. 2 przedstawiono typowe uszkodzenia mające wpływ na czas otwierania i zamykania wtryskiwacza oraz kształt strugi wtryskiwanego paliwa. Otworki wtryskiwacza mogą być niedrożna np. z powodu osadzenia aluminium z przegrzanego tłoka na skutek wystąpienia zbyt wysokich temperatur w komorze spalania (rys. 2a). Może też nastąpić mechaniczne uszkodzenie przez ciało obce w komorze silnika (rys. 2b). Zatarcie iglicy może być spowodowane np. nieprawidłowym montażem (rys. 2c). Natomiast popychacz sterujący najczęściej zaciera się na skutek zanieczyszczonego paliwa lub paliwa o obniżonych właściwościach smarnych.

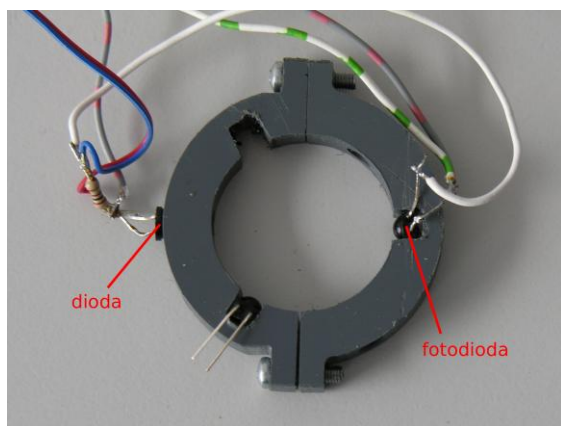
3. Stanowisko badawcze

Diagnostyka wtryskiwacza odbywa się na stanowisku testowania pomp i wtryskiwaczy (STPiW) systemów common rail i TDI firmy CSM „Autoelektronika Kędzia”, przedstawionym na rys. 1. Do badań użyto wtryskiwaczy elektromagnetycznych firmy Bosch pracujących w systemie common rail. Układ detekcji wtrysku zbudowany jest z diody i fotodiody zamocowanej na menzurce pomiarowej na wysokości końcówki wtryskiwacza (rys. 3). Diody w trybie ciągłym emituje falę o długość 940 nm. Fotodioda rejestruje długości fal z zakresu 890-990 nm z maksimum przypadającym dla 940 nm. Zastosowanie w/w diody i fotodiody pozwala na wykonywanie pomiarów bez zakłóceń, zarówno przy oświetleniu dziennym jak i sztucznym (rys. 4).



Rys. 3. Układ pomiarowy

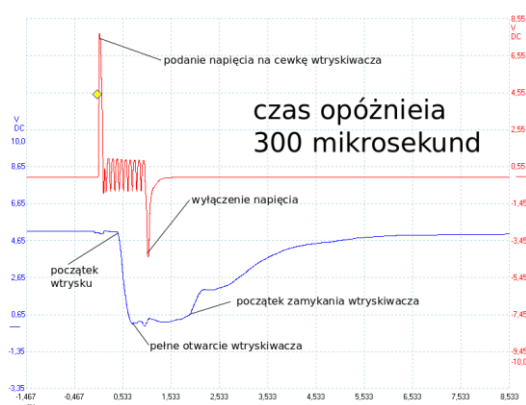
Do zarejestrowania sygnałów wykorzystano oscyloskop dwukanałowy. Oscyloskop ten miał możliwość włączenia filtrowania sygnału. Ze względu na zakłócenia pochodzące od falownika sterującego pracą silnika w stanowisku testowania pomp i wtryskiwaczy, zastosowano filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 1 kHz.



Rys. 4. Układ diody i fotodiody – zestaw pomiarowy

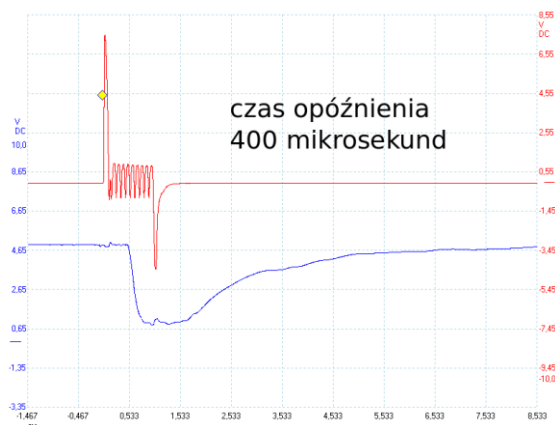
4. Wyniki pomiarów

Na rys. 5 przedstawiono przebieg sygnałów prawidłowego wtryskiwacza dla ciśnienia 100MPa mierzonego na zasobniku wysokiego ciśnienia.



Rys. 5. Przebiegi napięcia na cewce wtryskiwacza i fotodiodzie dla ciśnienia wtrysku 100 MPa

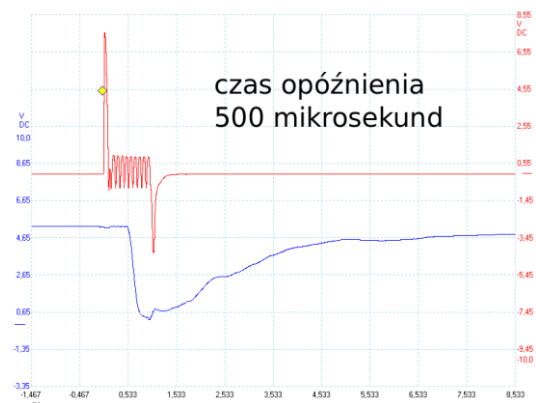
Przebieg oznaczony kolorem czerwonym jest napięciem podawanym na cewkę wtryskiwacza. Kolorem niebieskim oznaczono przebieg napięcia na fotodiodzie. Jeśli nie następuje wtrysk paliwa napięcie na fotodiodzie jest stałe. W momencie wtrysku paliwa następuje gwałtowny spadek napięcia na fotodiodzie. Jest to spowodowane zjawiskami absorpcji i rozpraszania światła emitowanego przez fotodiodę przez rozpylone paliwo. Opóźnienie wynikające z reakcji fotodiody na paliwo szacowane jest na 5 μ s. Niepewność pomiarowa dla pomiarów warsztatowych jest do zaakceptowania. Czas opóźnienia dla badanego wtryskiwacza Bosch (rys. 5) wynosi ok. 300 μ s.



Rys. 6. Przebiegi napięcia na cewce wtryskiwacza i fotodiodzie dla ciśnienia wtrysku 60 MPa

Na rys. 6. pokazano przebieg sygnałów dla tego samego wtryskiwacza przy ciśnieniu 60 MPa. Opóźnienie w tym przypadku wynosi ok. 400 μ s.

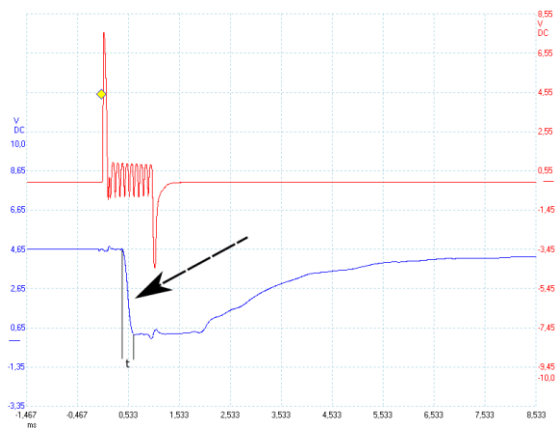
Na kolejnym rysunku numer 7 opóźnienie miało wartość 500 μ s przy ciśnieniu 30 MPa. Jest to zgodne z oczekiwaniami, im większe ciśnienie wtrysku tym krótszy czas opóźnienia.



Rys. 7. Przebiegi napięcia na cewce wtryskiwacza i fotodiodzie dla ciśnienia wtrysku 30 MPa

Przebiegi sygnałów zaprezentowane na rysunkach dają możliwość przeanalizowania jeszcze innego ważnego parametru. Czas opadania zbocza sygnału z fotodiody albo wyznaczony kąt tego zbocza daje informację o szybkości wypływu paliwa, który jest funkcją podnoszenia się iglicy wtryskiwacza (rys. 8). Opory ruchu wewnątrz wtryskiwacza wpływają na ten parametr.

Diagnostując ten sam typ wtryskiwacza przy niezmiennych się warunkach ciśnienia wtrysku można ocenić czas opóźnienia i opory ruchu.



Rys. 8. Wykres przedstawiające zbcze sygnału z fotodiody. Czas spadku wykorzystano do określenia wewnętrznych oporów wtryskiwacza

5. Podsumowanie

Przedstawiony sposób pomiaru jest prostą i skuteczną metodą weryfikacji uszkodzonych lub wadliwie działających wtryskiwaczy zarówno elektromagnetycznych jak i piezoelektrycznych z serwomechanizmem niezależnie od producenta. W pracy wykazano, że tą metodą można z dużą dokładnością mierzyć opóźnienia pomiędzy sygnałem sterującym cewką a rzeczywistym otwarciem wtryskiwacza. Dodatkowo należy podkreślić, iż sam czujnik - dioda i fotodioda - jest tanim urządzeniem, który można z powodzeniem zastosować w diagnostyce warsztatowej. W przyszłości ten czujnik zostanie zintegrowany z oprogramowaniem zastosowanym w stanowisku testowania pomp i wtryskiwaczy.

Bibliography/Literatura

- [1] Tran X.T.: Modeling and simulation of electronically controlled diesel injectors, thesis, University of New South Walas, 2003.
- [2] Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A.: Determinaty dokładności dawkowania paliwa w

systemie zasobnikowego systemu zasilania Common Rail, Czasopismo Techniczne M, ISSN 0011-4561, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2008.

Walaszek Adrian, DEng. – CSM „Autoelektronika Kędzia”

Dr inż. Adrian Walaszek – CSM „Autoelektronika Kędzia”



Busz Waldemar, MEng. – CSM „Autoelektronika Kędzia”

mgr inż. Waldemar Busz – CSM „Autoelektronika Kędzia”

