

Adam USTRZYCKI
Hubert KUSZEWSKI
Politechnika Rzeszowska

PROBLEMY IDENTYFIKACJI WYBRANYCH SYGNAŁÓW STERUJĄCYCH W UKŁADZIE WTRYSKOWYM TYPU *COMMON RAIL* SILNIKA WYSOKOPRĘŻNEGO

Rozwój silników wysokoprężnych z bezpośrednim wtryskiem paliwa, wyposażonych w zasobnikowe, elektronicznie sterowane układy zasilania typu *Common Rail*, jest podyktowany głównie względami ekologicznymi. Duża elastyczność sterowania umożliwiającą realizację wtrysku wielofazowego w szerokim zakresie, możliwość precyzyjnego dawkowania paliwa w odpowiednim momencie, dobre rozpylenie paliwa ze względu na wysokie ciśnienia i łatwość adaptacji do silnika są głównymi przyczynami rozpowszechnienia się silników z tego typu układami zasilania. W artykule przedstawiono wybrane problemy związane ze sterowaniem takim układem, wynikające ze zjawisk falowych w układzie, zmianami właściwości paliwa na skutek podgrzewania się paliwa, zmianami napięcia w instalacji pojazdu, jak również stabilnością sygnału sterującego wtryskiwaczem.

Słowa kluczowe: *Common Rail*, wtrysk paliwa, sterowanie wtryskiem

1. Wprowadzenie

Zasobnikowe systemy zasilania typu *Common Rail* charakteryzują się dużymi możliwościami w zakresie kształtowania charakterystyki wtrysku. Możliwość realizacji wtrysku wielofazowego, pod wysokim ciśnieniem, łatwość przystosowania układu do silnika, prosta kompensacja rozrzutu parametrów wtryskiwacza, które wynikają z tolerancji wykonania, jak również łatwość wprowadzania zmian w elektronicznym sterowniku umożliwiającą tworzenie silników o różnych osiąгах powodują, że tego typu rozwiązania są obecnie szeroko stosowanymi układami wtryskowego zasilania w silnikach wysokoprężnych [1].

Układ wtryskowy powinna charakteryzować, przede wszystkim, wysoka precyzja dawkowania paliwa do cylindrów silnika, dokładność w sterowaniu początkiem poszczególnych faz wtrysku, powtarzalność oraz niezawodność i trwałość, jak również utrzymanie tych parametrów przez możliwie długi okres eksploatacji.

Układ wtryskowy pracuje w trudnych warunkach, wynikających z wysokiego ciśnienia, drgań, zakłóceń elektromagnetycznych oddziałujących na elektronikę oraz wysokich temperatur, na które szczególnie narażony jest wtryskiwacz. Jest on istotnym podzespołem układu wtryskowego, gdyż precyzja dawkowania w dużej mierze zależy właśnie od wtryskiwacza. Szeroki zakres temperatury pracy może dodatkowo wpływać na elementy elektroniczne sterownika, których parametry ulegają także zmianie na skutek starzenia. Rodzi to wiele problemów, które muszą być rozwiązane w celu utrzymania stałych parametrów układu wtryskowego, niezależnie od warunków pracy [2].

W niniejszym artykule zaprezentowano niektóre problemy związane ze sterowaniem zasobnikowym układem wtryskowym, wynikające ze zmian temperatury, zmian napięcia zasilającego, zmian parametrów sygnałów sterujących wtryskiwaczem oraz zmian ciśnienia paliwa, będących skutkiem zjawisk falowych powstających w układzie wtryskowym przy realizacji wtrysku wielofazowego.

2. Sterowanie układem wtryskowym typu *Common Rail*

Układ wtryskowy *Common Rail* wymaga do poprawnej pracy oraz w celu sterowania pozostałym osprzętem silnika wielu informacji niezbędnych do określenia wielkości dawki paliwa i sposobu jej wtryskiwania. Schemat układu wtryskowego silnika przedstawiono na rys. 1.

W skład układu wtryskowego wchodzi w tym przypadku następujące elementy [3]:

- pompa wstępnego tłoczenia paliwa, która tłoczy stale paliwo do obiegu,
- zawór podgrzewania paliwa, który przy niskich temperaturach zewnętrznych zapobiega zapychaniu się filtra przez wykryształizowane kryształy parafiny,
- dodatkowa pompa paliwa, która tłoczy paliwo ze zbiornika paliwa pod ciśnieniem ok. 5 barów do pompy wysokiego ciśnienia, dzięki czemu jest zagwarantowane zasilanie paliwem pompy wysokiego ciśnienia we wszystkich stanach pracy,
- filtr paliwa,
- czujnik temperatury paliwa, który określa aktualną temperaturę paliwa,
- pompa wysokiego ciśnienia, wytwarzająca wymagane do wtrysku paliwa wysokie ciśnienie paliwa,
- zawór dozowania paliwa, który reguluje ilość paliwa do sprężania w zależności od zapotrzebowania,
- zawór regulacyjny ciśnienia paliwa,

- zasobnik wysokiego ciśnienia (*rail*), który gromadzi paliwo pod wysokim ciśnieniem,
- czujnik ciśnienia paliwa, który określa aktualne ciśnienie paliwa w części wysokociśnieniowej układu,
- zawór utrzymujący ciśnienie w obiegu powrotnym z wtryskiwaczy,
- wtryskiwacze.

W układzie wtrysku *Common Rail* silnika 2,0 l TDI CR wysokie ciśnienie paliwa jest regulowane na zasadzie regulacji dwudrożnej. W zależności od trybu pracy silnika ciśnienie paliwa regulowane jest albo zaworem regulacyjnym ciśnienia paliwa przy zasobniku paliwa, albo zaworem dozowania paliwa przy pompie wysokiego ciśnienia. Przy dużych dawkach wtrysku i wysokich ciśnieniach w zasobniku paliwa, ciśnienie paliwa jest regulowane zaworem dozowania paliwa, w zależności od zapotrzebowania. Dzięki temu, pobór mocy przez pompę wysokiego ciśnienia zostaje zmniejszony i unika się niepotrzebnego ogrzewania się paliwa.

W celu określenia odpowiedniej wielkości dawki paliwa sterownik analizuje informacje o:

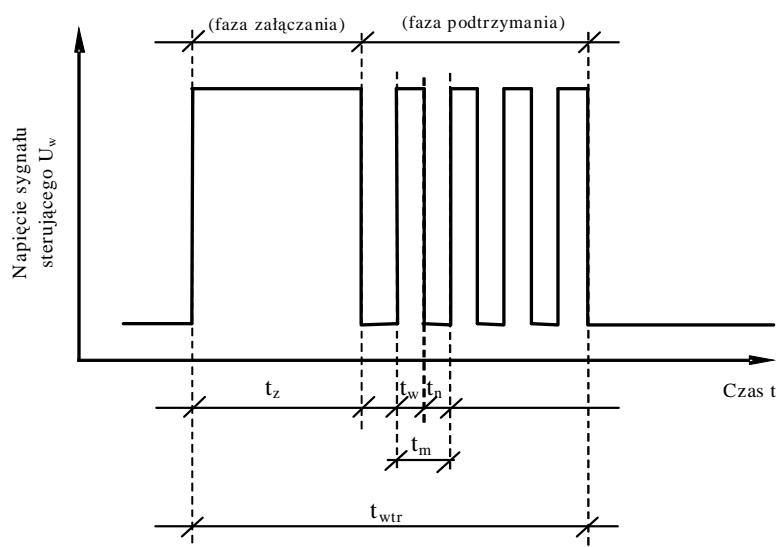
- żądanym przez kierowcę obciążeniu silnika z czujnika położenia pedału przyspieszenia,
- masie i temperaturze powietrza zasysanego przez silnik na podstawie sygnałów z czujników masy i powietrza,
- ciśnieniu paliwa w szynie paliwa z czujnika ciśnienia paliwa,
- prędkości obrotowej wału korbowego i położeniu wałka rozrządu (czujnik Halla),
- składzie spalin na podstawie sygnału z szerokopasmowej sondy lambda,
- temperaturze paliwa w układzie,
- temperaturze płynu chłodzącego.

Na podstawie tych informacji jest dobierana odpowiednia strategia sterowania, na podstawie której jest określany czas wtrysku i liczba wtrysków (przy realizacji wtrysku wielofazowego) oraz parametry sterowania pozostałymi urządzeniami wykonawczymi układu. Na proces wtrysku paliwa mają także wpływ inne parametry, związane szczególnie z przekroczeniem dopuszczalnych warunków pracy silnika (prędkość obrotowa, przegrzanie silnika lub zarejestrowane przez sterownik błędy w układzie). W zależności od stopnia zaawansowania układu, na proces wtrysku paliwa wpływ będą miały także inne parametry z pozostałych układów pojazdu (np. stwierdzenie przez układ ASR poślizgu kół napędzanych, co powinno prowadzić do ograniczenia momentu napędowego przez zmianę kąta wyprzedzenia wtrysku i czasu wtrysku).

3. Badania zasobnikowego układu wtryskowego na stanowisku

Celem badań doświadczalnych było określenie zmian w dawkowaniu wtryskiwaczy na skutek zmieniających się warunków pracy związanych ze zmianą:

- temperatury wtryskiwanego paliwa,
- ciśnienia paliwa w układzie na skutek zjawisk falowych,
- parametrów sygnału sterującego
 - napięcia,
 - długości impulsu załączającego wtryskiwacz t_z na wielkość dawki paliwa w odniesieniu do całkowitego czasu wtrysku t_{wtr} (rys. 2.),
 - wypełnienia modulowanego sygnału podtrzymania t_w/t_m (rys. 2.),



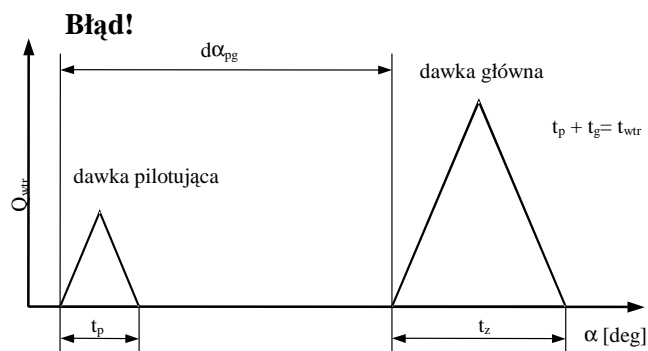
Rys. 2. Przebieg sygnału sterującego wtryskiwaczem na wyjściu z procesora [4]: t_{wtr} – czas trwania sygnału sterującego otwarciem wtryskiwacza, t_z – czas trwania sygnału załączania, t_w – czas trwania sygnału wysokiego poziomu, t_n – czas trwania sygnału niskiego poziomu, t_m – okres sygnału modulowanego

W celu określenia wpływu tych czynników zbudowano stanowisko badawcze na postawie stołu probierczego Boscha EPS-815, który był wyposażony w moduł KMA-822 elektronicznego pomiaru dawki z wymiennikiem ciepła oraz moduł CRS-845 do badania elementów układu *Common Rail*. Układ wtryskowy poddany badaniom składał się z pompy wysokociśnieniowej oraz wtryskiwacza sterowanego elektromagnetycznie. W skład systemu wchodził zasobnik paliwa, będący na wyposażeniu stołu probierczego, wyposażony w czujnik ciśnienia, czujnik temperatury, trzy elektrozawory do sterowania ciśnieniem w zasobniku

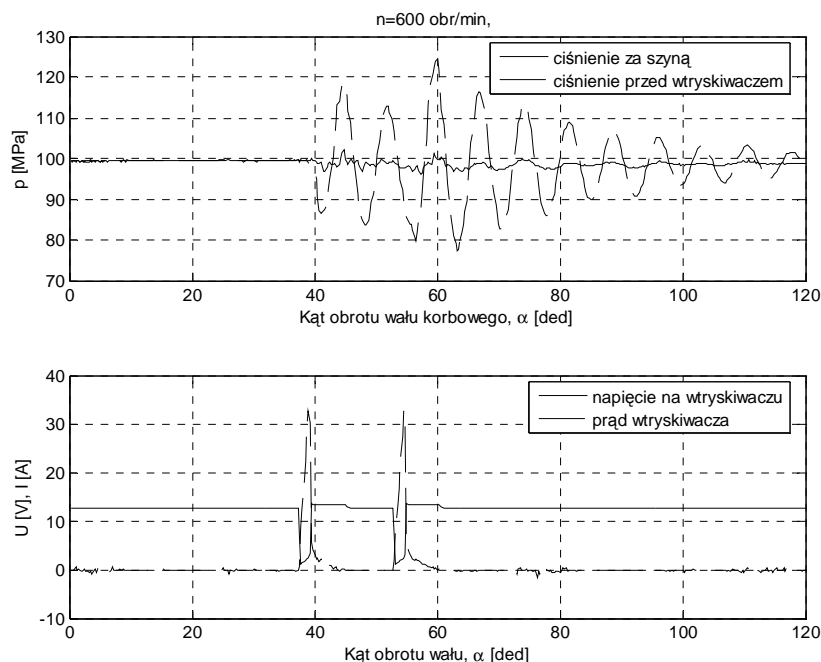
oraz zawór bezpieczeństwa. Wtryskiwaczem sterowano za pomocą opracowanego sterownika, umożliwiającego realizację trzyfazowego wtrysku. Sterownik umożliwiał również zmiany czasu załączania i wypełnienia modulowanego sygnału podtrzymania [5]. Układ wtryskowy był zasilany z akumulatora współpracującego z zasilaczem w celu utrzymania założonej wartości napięcia [6]. Paliwo było wtryskiwane do specjalnej komory, która podczas badań była całkowicie wypełniona paliwem, a pomiar temperatury paliwa realizowano na wypływie paliwa z tej komory (w króćcu wylotowym) za pomocą termopar i współpracujących z nimi mierników typu EMT 101 [7]. Pomiary wykonywano dla różnych czasów wtrysku. Opis stanowiska przedstawiono m. in. w pracach [6, 8].

Badania wpływu temperatury na wielkość dawki paliwa prowadzono dla różnych temperatur oleju probierczego w zbiorniku, jako temperatury wyjściowej t_{wyj} , wynoszącej 30, 45 i 54°C [7]. W celu określenia wpływu temperatury na wielkość dawki badania prowadzono dla dwóch różnych czasów otwarcia wtryskiwacza (1 i 3 ms). Badania rozpoczynano przy najniższej temperaturze pozwalającej na stabilny pomiar i każdorazowo przerywano, gdy temperatura oleju na wylocie z komory w danych warunkach pracy stabilizowała się.

Badania wpływu zmian ciśnienia na skutek zjawisk falowych na wielkość dawki prowadzono poprzez realizację wtrysku dwufazowego (dawka pilotowa i dawka główna), zmieniając odległości kątowe pomiędzy poszczególnymi fazami wtrysku, co skutkowało powstawaniem fali ciśnienia (rys. 3), [8, 9]. Przyjęty sumaryczny czas wtrysku paliwa t_{wtr} wynosił 1 lub 3 ms. Ciśnienie w przewodzie mierzono za pomocą torów pomiarowych firmy Kistler i rejestrowano za pomocą karty pomiarowej firmy National Instruments. Poza przebiegami ciśnienia rejestrowano także napięcie i prąd wtryskiwacza. W tym wypadku badania prowadzono przy ustalonej temperaturze wtryskiwanego paliwa. Temperatura paliwa w zbiorniku była stabilizowana i wynosiła $40 \pm 1^\circ\text{C}$. Schemat realizowanego wtrysku dwufazowego przedstawiono na rys. 3., natomiast przykładowe przebiegi na rys. 4.



Rys. 3. Schemat przyjętych oznaczeń parametrów wtrysku wielofazowego [8]



Rys. 4. Przebiegi ciśnień w przewodzie za szyną przed wtryskiwaczem oraz napięcia i prądu wtryskiwacza uzyskane przy realizacji wtrysku dwufazowego dla układu z wtryskiwaczem Fiat Multijet ($n = 600$ obr./min, sumaryczny czas wtrysku $t_{wtr} = 1$ ms, ciśnienie w szynie $p_{rail} = 100$ MPa), [8, 9]

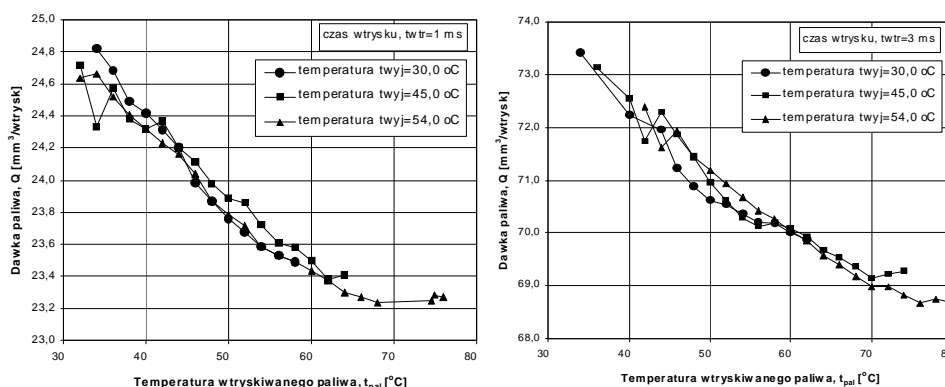
Badania wpływu napięcia zasilającego na wielkość dawki prowadzono przy realizacji wtrysku jednofazowego, celem uniknięcia zmian w procesie dawkowania wynikających z wahań ciśnienia powstających przy wtrysku wielofazowym. Badania w poszczególnych seriach pomiarowych przeprowadzano również przy ustalonej temperaturze wtryskiwanego paliwa. Temperatura paliwa w zbiorniku była stabilizowana i wynosiła $40 \pm 1^\circ\text{C}$. Badania prowadzono dla napięć w zakresie od 9 do 13 V, czasów wtrysku zmieniających się w zakresie od 1 do 3 ms, ciśnień w układzie wynoszących 75, 100 i 125 MPa oraz prędkości obrotowej wynoszącej 1000 obr./min.

Badania wpływu długości impulsu załączającego wtryskiwacz t_z na wielkość dawki paliwa prowadzono również przy wtrysku jednofazowym i przy stałej temperaturze wtryskiwanego paliwa i ustabilizowanej temperaturze w zbiorniku, która – podobnie jak poprzednio, wynosiła $40 \pm 1^\circ\text{C}$. Napięcie zasilania utrzymywano na poziomie $13 \pm 0,02$ V. Badania prowadzono dla dwóch różnych czasów wtrysku $t_{wtr} = 0,9$ ms i $t_{wtr} = 3$ ms, przy czym czas załączania t_z zmieniany był w zakresie od 250 do 900 μs . Sygnał modulowany charakteryzował się zaprogramowanym 50% stopniem wypełnienia.

Badania wpływu stopnia wypełnienia sygnału modulowanego na wielkość dawki paliwa prowadzono w warunkach jak poprzednio, przy stałym czasie załączania wynoszącym 0,5 ms i czasach wtrysku t_{wtr} wynoszących 1 lub 3 ms. Badania prowadzono przy różnych wartościach stopnia programowego wypełnienia sygnału modulowanego w zakresie od 30 do 90%.

3. Analiza wyników badań

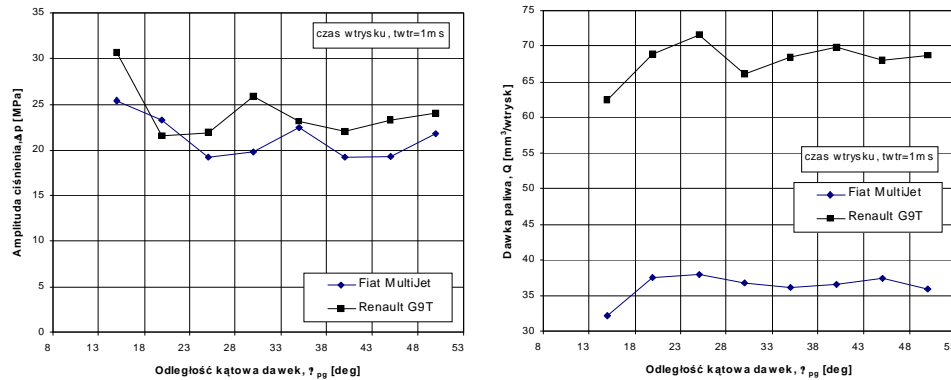
Na rys. 5. przedstawiono zależność masy dawki paliwa Q_{wtr} od temperatury wtryskiwanego paliwa t_{pal} dla trzech różnych temperatur oleju probierczego znajdującego się w zbiorniku, t_{wyj} wynoszących 30, 45 i 54°C. Wpływ temperatury wyjściowej t_{wyj} jest znikomy w porównaniu z wpływem temperatury paliwa wtryskiwanego z wtryskiwacza do komory. Przy ciśnieniu w szynie wynoszącym $p_{rail} = 60$ MPa zmiana dawki paliwa wyniosła ok. 6%, przy osiąganej różnicy temperatur wtrysku wynoszącej 44°C. Należy przy tym podkreślić, że w warunkach silnikowych przedział zmian temperatury wtryskiwanego paliwa może być większy niż zmiany temperatury na stanowisku i w związku z tym zmiany w dawkowaniu również mogą być większe.



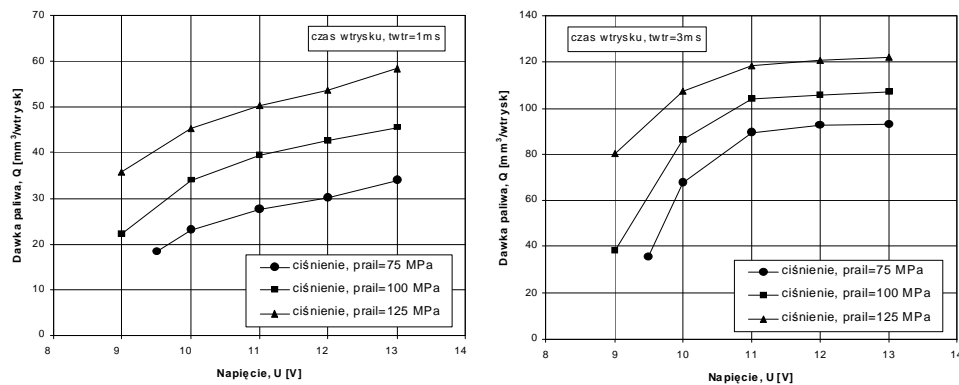
Rys. 5. Zależność dawki paliwa Q od temperatury wtryskiwanego paliwa t_{pal} dla różnej temperatury wyjściowej paliwa w zbiorniku t_{wyj} i dwóch różnych czasów wtrysku t_{wtr} (wtryskiwacz Renault G9T, prędkość obrotowa pompy $n_p = 1000$ obr./min, ciśnienie w szynie $p_{rail} = 60$ MPa)

Istotny wpływ na wielkość dawki mogą mieć zjawiska falowe występujące w układzie wtryskowym. W wyniku realizacji wtrysku wielofazowego powstająca fala ciśnienia po wtrysnięciu dawki pilotującej może powodować zmiany w dawkowaniu, przy zmianach kątowej odległości tej dawki od dawki głównej (rys. 6.). Jak widać na rys. 6., wahania ciśnienia w przewodzie przed wtryskiwaczem przekraczają 30 MPa przy ciśnieniu w szynie $p_{rail} = 100$ MPa. Pociąga to

za sobą w tych warunkach zmiany dawki rzędu 14%, przy czym przy mniejszych ciśnieniach w szynie i krótkich czasach wtrysku zmiany dawki mogą dochodzić nawet do 20% [8].



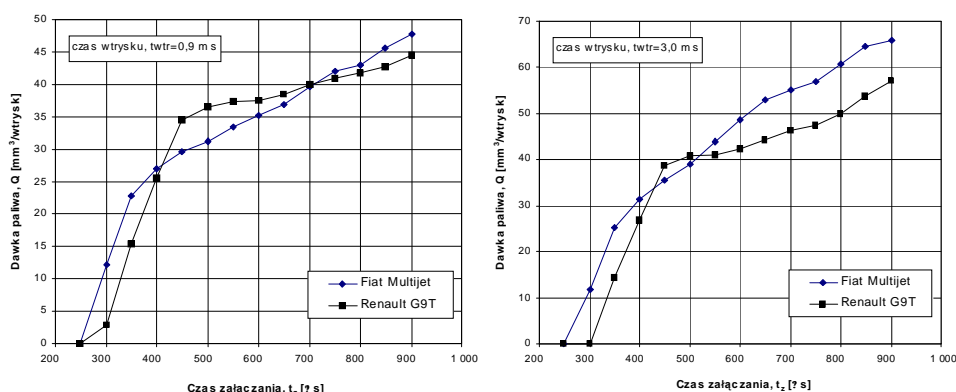
Rys. 6. Zmiany dawki wtryskiwanego paliwa Q i amplitudy ciśnień w przewodzie przed wtryskiwaczem w zależności od odległości kątowej dawki pilotowej od zasadniczej α_{pz} ($n = 600$ obr./min ciśnienia w szynie $p_{rail} = 100$ MPa, $n = 600$ obr./min)



Rys. 7. Wpływ napięcia zasilania U na dawkę wtryskiwanego paliwa Q dla różnych wartości ciśnienia w szynie p_{rail} i czasu wtrysku t_{wtr} (wtryskiwacz Fiat Multijet, $n = 1000$ obr./min)

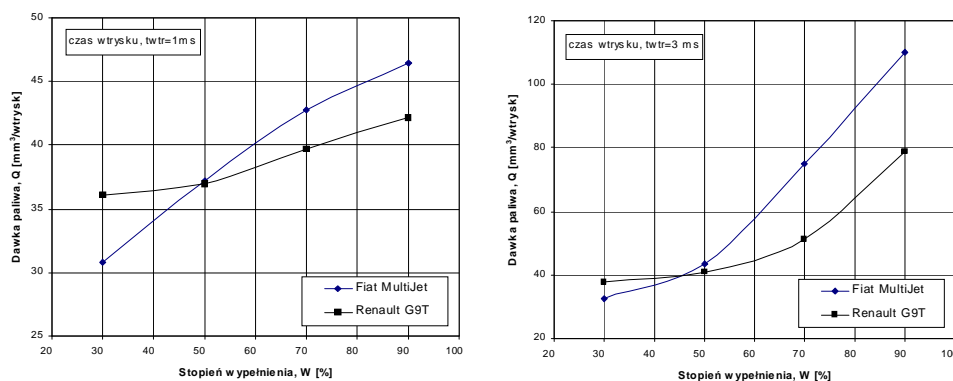
Na rys. 7. przedstawiono wpływ napięcia zasilającego na wielkość dawki paliwa dla wtryskiwacza Fiat Multijet. Jak widać, zakres zmian dawki jest bardzo duży i wynosi średnio ok. $5 \text{ mm}^3/\text{wtrysk}$ na każdy 1 V spadku napięcia zasilającego, przy czym poniżej 10 V wartość ta ulega jeszcze zwiększeniu. W przypadku większego czasu wtrysku, wynoszącego 3 ms, zmiany dawki mają przebieg zbliżony do wykładniczego, przy czym istotne zmniejszenie dawki występuje tu już przy napięciu 11 V.

Na rys. 8. przedstawiono zmiany dawkowania paliwa dla dwóch badanych wtryskiwaczy Fiat Multijet i Renault G9T, przy całkowitym czasie wtrysku wynoszącym 0,9 i 3 ms oraz zmieniającym się czasie załączania t_z . Jak widać, minimalny czas wtrysku, przy którym wtryskiwacz zaczyna pracować, wynosi powyżej 250 μ s. Wszystkie krzywe charakteryzują się specyficznym przebiegiem, które występuje przy czasie załączania t_z wynoszącym 400÷450 μ s. Od tego momentu zależność staje się prawie liniowa i wpływ impulsu załączającego staje się mniej widoczny (mniejsze nachylenie charakterystyki). Wartość 450 μ s można uznać za wystarczającą do prawidłowej pracy wtryskiwacza. Przy czym, jak widać, charakterystyki obu wtryskiwaczy są nieco odmienne. Należy tu zauważyć, że przy zbyt długim czasie załączania wtryskiwacz zaczyna pracować bardzo głośno.



Rys. 8. Wpływ czasu załączania t_z wtryskiwacza na wielkość dawki paliwa Q dla dwóch typów wtryskiwaczy, przy różnych czasach wtrysku t_{wtr} ($n = 1000$ obr./min, ciśnienie w szynie $P_{rail} = 100$ MPa)

Na rys. 9. przedstawiono wpływ stopnia wypełnienia sygnału modulowanego na wielkość dawki paliwa. Jak widać, jest on bardzo duży, przy czym w większym stopniu na zmiany stopnia wypełnienia reaguje wtryskiwacz Fiat Multijet. Podobny zakres zmian występował także przy innych wartościach ciśnienia w szynie. Należy tu podkreślić, że przedstawiony na rys. 9. zakres zmian stopnia wypełnienia był zakładany programowo w sterowniku, natomiast rzeczywiste zmiany stopnia wypełnienia były znacznie mniejsze. Dla programowego wypełnienia sygnału sterującego, który mieścił się w zakresie od 30 do 90%, wartości rzeczywiste określone za pomocą pomiarów oscyloskopowych wynosiły od 6 do 30%. Zależność pomiędzy wartościami rzeczywistymi a programowanymi była zbliżona do liniowej.



Rys. 9. Wpływ stopnia wypełnienia sygnału modulowanego na wielkość dawki paliwa Q dla dwóch typów wtryskiwaczy, przy różnych czasach wtrysku t_{wtr} ($n = 1000 \text{ obr./min}$, ciśnienie w szynie $p_{rail} = 100 \text{ MPa}$)

4. Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że zarówno temperatura wtryskiwanego paliwa, jak również parametry sygnału sterującego wpływają na precyzję dawkowania paliwa przez zasobnikowy układ wtryskowy, co może prowadzić do zwiększenia emisji związków szkodliwych. Rodzi to istotne problemy przy sterowaniu układem wtryskowym, gdyż zmiany dawkowania występujące z wymienionych przyczyn powinny zostać skompensowane przez algorytmy korygujące w sterowniku. Jednakże obecne rozwiązania nie dostarczają sterownikowi wystarczających informacji o systemie. Pomiar temperatury w układzie wtryskowym przeprowadza się zazwyczaj w części niskociśnieniowej układu lub co najwyżej w zasobniku ciśnienia. Nie uwzględnia to podgrzewania się paliwa we wtryskiwaczu, na skutek pracy cewki elektromagnesu i przejmowania ciepła od silnika. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku napięcia i pozostałych parametrów sygnału sterującego wtryskiwaczem. Wartość napięcia i płynącego prądu może ulegać zmianom ze względu na zwiększający się opór elektryczny na stykach, które podlegają korozji. Także zmiana parametrów stopni końcowych sterujących wtryskiwaczami, na skutek starzenia się elementów i wahań temperatury, może skutkować znaczącą zmianą parametrów sygnału sterującego i pogorszeniem precyzji dawkowania. Zmiany parametrów w funkcji temperatury mogą być trudne do skompensowania, bowiem konieczny jest wówczas pomiar temperatury. W samym sterowniku można taki pomiar zrealizować stosunkowo prosto, natomiast poza nim wymaga to dodatkowych czujników, np. do pomiaru temperatury pracy cewki wtryskiwacza.

Zastosowanie szerokopasmowej sondy lambda daje pewne możliwości kompensacji zmian parametrów układu wtryskowego, wynikających z podanych powodów, gdyż układ może adaptować się do zmieniających się warunków pra-

cy. Jednakże, biorąc pod uwagę rozrzut parametrów poszczególnych wtryskiwaczy [10], może to być niewystarczające przy zastosowaniu jednej sondy lambda.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że zasobnikowy układ wtryskowy może w dalszym ciągu podlegać zmianom rozwojowym, mającym na celu poprawę jakości i precyzji sterowania wtryskiem paliwa tak, by w jeszcze większym stopniu zmniejszyć uciążliwość ekologiczną silnika spalinowego.

Literatura

- [1] Zasobnikowe układy wtryskowe *Common Rail*. Informatory techniczne Bosch. WKiŁ, Warszawa 2005.
- [2] Praca zbiorowa: Automotive electrics, automotive electronics. John Wiley & Sons Ltd, Chichester 2007.
- [3] Materiały szkoleniowe: Silnik Audi 2,0 l TDI z układem wtrysku *Common-Rail*. AUDI AG, Ingolstadt 2007.
- [4] Balawender K., Kuszewski H., Ustrzycki A.: Wpływ wybranych parametrów sygnału sterującego wtryskiwaczem na proces wtrysku paliwa w układzie zasilania typu *Common Rail*. Journal of KONES, Vol. 16, No. 2/2009.
- [5] Balawender K., Kuszewski H., Ustrzycki A.: Stanowisko do badań wpływu sygnału sterującego na pracę elektromagnetycznych wtryskiwaczy układów *Common Rail*. Науково-технічний збірник, No 18, 2009, Вісник Національного транспортного університету, Київ 2008, s. 43-49.
- [6] Lejda K., Ustrzycki A.: Effect of supply voltage on the dosage of fuel in injection system the *Common Rail* type. Journal of Polish CIMAC, Vol. 4, No. 2, 2009.
- [7] Ustrzycki A., Kuszewski H.: Wpływ temperatury wtryskiwanego paliwa na wielkość dawki w zasobnikowym układzie wtryskowym typu *Common Rail*. Mat. XVIII Międzynarodowej Konferencji Naukowej SAKON'07 nt. „Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojedźnych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji”, Rzeszów 2007.
- [8] Balawender K., Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A.: The effect of multi-phasing injection on selected parameters of *Common Rail* fuel system. Combustion Engines, No. 4/2008.
- [9] Ustrzycki A.: Wpływ zjawisk falowych na proces dawkowania paliwa w układzie wtryskowym typu *Common Rail* silnika wysokoprężnego. Prace Zachodniego Centrum Akademii Transportu Ukrainy, Vol. 16, Lwów 2009.
- [10] Balawender K., Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A.: Test of fuel dose variation of *Common Rail* injectors for 4-cylinder diesel engine. Combustion Engines, No. SC2/2009.

CONTROL PROBLEMS IN INJECTION COMMON RAIL SYSTEM OF DIESEL ENGINE

Summary

The development of direct fuel injection diesel engines, which are equipped with the electronically controlled systems of Common Rail type, is dictated essentially by the environmental

demands. A high control flexibility that allows performing the multi-injection strategy in a wide range, a high precision in fuel injection metering and injection timing, a good fuel spray atomization due to the high injection pressure, and easy adaptation to the existing engines – these are the main factors causing this type of the engine fuel supply systems widely spread. The article presents some problems with controlling such a system derived from the wave phenomena in the system, changes of the fuel properties due to heat release in the fuel injection system, changes in voltage in the vehicle electrical system, as well as stability of the injector control signal.

Złożono w redakcji we wrześniu 2010 r.