

Adam USTRZYCKI, Krzysztof BALAWENDER, Artur JAWORSKI, Hubert KUSZEWSKI

BADANIA WPŁYWU RODZAJU PALIWA NA PRACĘ POMPY WYSOKIEGO CIŚNIENIA ZASOBNIKOWEGO UKŁADU WTRYSKOWEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dwóch pomp wysokiego ciśnienia stosowanych w zasobnikowych układach wtryskowych. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem oleju napędowego i probierczego oraz mieszanin oleju napędowego z estrami metylowymi kwasów tłuszczowych w różnych proporcjach. W trakcie badań realizowano pomiary wydatku pompy w zależności od ciśnienia panującego w układzie wtryskowym. Celem badań było określenie zmian w pracy badanych pomp zasilanych paliwami różnego typu. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zarówno wydatek, jak i poziom pulsacji ciśnienia badanych pomp zasilanych olejem napędowym oraz paliwami alternatywnymi mieści się w granicach dopuszczalnych tolerancji.

WSTĘP

Jednym z głównych konsumentów energii w skali światowej jest transport. Energia zużywana przez tą gałąź gospodarki ma zazwyczaj postać paliwa, które spalając się powoduje znaczące zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Aby ograniczyć ten niekorzystny wpływ podejmuje się różnego typu działania związane m.in. z zastosowaniem biopaliw, czyli tzw. "zielonej energii". Szacuje się, że w gospodarce światowej transport zużywa aż ok. 55 % energii konwencjonalnej, przy czym prawie 91 % pochodzi z przerwki ropy naftowej [15]. Dla Unii Europejskiej istotnym pozostaje fakt, że ok. 85 % ropy naftowej pochodzi spoza Europy, co powoduje, że w bilansie handlowym powstaje znaczny deficyt. Podobnie sytuacja wygląda również w Polsce. Stąd też zwiększanie udziału paliw alternatywnych zużywanych przez środki transportu stanowi ogromne wyzwanie nie tylko ze względów ekonomicznych, czy technologicznych, ale także społecznych. W celu sprostania tym wyzwaniom, przyjęto długofalową strategię, pn. EUROPA' 2020, której celem jest obniżenie zużycia surowców kopalnych, sukcesywne zwiększanie zużycia paliw alternatywnych oraz radykalne obniżenie emisyjności dwutlenku węgla CO₂. Strategia ta zakłada, że do 2050 r. emisja CO₂ w transporcie ma zostać zmniejszona o 60 % [3]. Strategia EUROPA '2020 zakłada ponadto, że w perspektywie kilkunastu lat nastąpi znaczące uniezależnienie się transportu od źródeł ropopochodnych wynikające z rozwoju rynku biopaliw. Ma to spowodować rozwój nowych technologii związanych z produkcją tych paliw, zwiększyć wzrost gospodarczy i ograniczyć skutki efektu cieplarnianego.

Zwiększenie udziału biopaliw wykorzystywanych do zasilania silników o zapłonie samoczynnym jest dużym wyzwaniem ze względu na istniejące w tym zakresie ograniczenia, gdyż obecne normy jakości paliw pozwalają jedynie na maksymalnie 7 % dodatek biokomponentów do olejów napędowych, stąd też zwiększenie wykorzystania biopaliwa do poziomu 10 % i więcej, wymaga zmiany obowiązujących standardów. Ponadto, paliwa z dodatkiem biokomponentów charakteryzują się zazwyczaj nieco odmiennymi parametrami (tabela 3), co może wpływać na parametry silnika, zarówno operacyjne, jak i ekologiczne [2,7,14]. To z kolei może wymagać określonych zmian konstrukcyjnych, szczególnie w układzie wtryskowym oraz wpływać na eksploatację silników spalinowych [6,11,12]. Istotnym problemem jest stosunkowo niska stabilność oksydacyjna, która może prowadzić do zwiększonej lepkości, jak również tworzenie się osadów. Parametr ten zależy nie tylko od

składu FAME, ale także od czasu i warunków przechowywania [5]. Stosowane obecnie systemy zasilania w silnikach o zapłonie samoczynnym, które są podstawowym źródłem napędu samochodów użytkowych, to najczęściej zasobnikowe układy wtryskowe, które są wysoce precyzyjnymi układami, czułymi na wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia paliwa, a precyzyjne elementy tych układów, na skutek np. wytrącania się składników biopaliw lub w wyniku starzenia, bardzo szybko mogą ulec uszkodzeniu lub utracić swoje parametry. W efekcie, praca poszczególnych zespołów układu wtryskowego tj. pompa wysokiego ciśnienia, wtryskiwacze czy zawory, może zostać zakłócona, co pociągnie za sobą niepoprawną pracę całego silnika.

Uwzględniając powyższe, w artykule przedstawiono wyniki badań pomp wysokiego ciśnienia, zasilanych różnymi paliwami w różnych warunkach pracy układu wtryskowego, co miało na celu określenie, na ile zmieniają się parametry pracy pomp wysokiego ciśnienia układów Common Rail, zasilanych paliwami o odmiennych właściwościach w stosunku do typowego oleju napędowego.

1. METODYKA BADAŃ I STANOWISKO BADAWCZE

1.1. Zakres i charakterystyka obiektów badań

W celu określenia wpływu rodzaju paliwa na pracę pompy wysokiego ciśnienia przeprowadzono badania wydatku przetłaczanego paliwa dla dwóch wybranych pomp o różnych parametrach. Badaniom poddano pompy wysokiego ciśnienia o oznaczeniach:

- 0 445 020 002, typ CR/CP1S3/R70/10-16S (oznaczana dalej jako P002),
- 0 445 010 092, typ CR/CP1K3/R55/10-S (oznaczana dalej jako P092).

Pompa P002 wyposażona była w regulator wysokiego ciśnienia (DRV) oraz zawór odłączania jednej sekcji (EAV), natomiast pompa P092 nie posiadała żadnego osprzętu. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry badanych pomp.

Pomiary przeprowadzono dla różnych ciśnień paliwa w zasobniku, które wynosiły 25, 50, 75, 100, 125 i 135 MPa. W celu wyeliminowania wpływu ciśnienia zasilania, temperatury paliwa [8,9], czy napięcia [10] zasilającego, parametry te utrzymywane były na stałym poziomie:

- temperatura paliwa w zbiorniku: 40 ±2°C,
- napięcie zasilania sterownika stanowiska: 14 ±0,05 V.
- prędkość obrotowa pompy wysokiego ciśnienia: 1000 ±10 obr/min,

- ciśnienie zasilania pompy: 190 kPa,
- ciśnienie na przelewie z pompy: 90 kPa.

Badania obejmowały pomiar wydatku pompy przy założonym ciśnieniu w zasobniku oraz sprawdzenie wielkości pulsacji ciśnienia generowanych przez pompę przy nominalnym ciśnieniu w zasobniku wynoszącym dla obu badanych pomp 135 MPa.

Badania wykonano w pierwszej kolejności dla oleju napędowego, a następnie dla paliwa B7 oraz B20 (tabela 2). W ostatniej kolejności wykonano pomiary dla oleju probierczego w celu porównania osiągniętych parametrów pomp z parametrami uzyskiwanymi dla oleju napędowego, które były punktem odniesienia dla badanych paliw alternatywnych.

Tab. 1. Wartości parametrów kontrolnych badanych pomp wysokiego ciśnienia określone przez producenta [13]

Nazwa parametru	Wartość parametru	
	Pompa P002	Pompa P092
Ciśnienie w zasobniku, p_{raii} [MPa]	135±1	135±1
Wydatek pompy, Q [l/h]	31,7±2,4	26,2±2,2
Wydatek pompy, Q [mm ³ /wttrysk]	528±40	436±36
Wielkość pulsacji ciśnienia w zasobniku, Δp_{raii} [MPa]	2	2
Prędkość obrotowa pompy, n [obr/min]	1000±50	1000±50

1.2. Charakterystyka i parametry wykorzystanych paliw

W badaniach wykorzystano trzy różne paliwa przedstawione w tabeli 2. Pierwszym paliwem był letni olej napędowy dostępny w handlu (ONHL), natomiast pozostałe dwa paliwa były mieszaninami czystego oleju napędowego (bez biododatków) oraz paliwa B100 w proporcjach przedstawionych w tabeli 2. Dla celów kontrolnych przeprowadzono także pomiary z wykorzystaniem oleju probierczego typu Shell V-1404, zalecanego przez producenta stołu probierczego EPS 815 do badania układów wttryskowych. Parametry tych paliw przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 2. Paliwa wykorzystane podczas badań wydatku pomp

Oznaczenie paliwa	Udział [% obj.]			
	Olej napędowy zawierający do 7% FAME	Olej napędowy bez biododatków	Estry metylowe oleju rzepakowego – FAME	Olej probierczy Shell V-1404
	ONHL	ON100	B100	-
ONHL	100	-	-	-
B7	-	93	7	-
B20	-	80	20	-
OP	-	-	-	100

Tab. 3. Podstawowe parametry paliw użytych podczas badań

Nazwa parametru	Jednostka	Rodzaj paliwa			
		ONHL	B7	B20	Shell V-1404
Gęstość w 15 °C	kg/m ³	838,42	838,17	851,95	825,69
Gęstość w 40 °C	kg/m ³	821,17	819,88	834,28	808,22
Lepkość kinematyczna w 40 °C	mm ² /s	2,8871	2,8166	3,8213	2,6
Dolna wartość opałowa	kJ/kg	42814	42680	41956	43210

*Wartości z karty charakterystyki produktu

Parametry paliw określono w Laboratorium Materiałów Eksploatacyjnych Katedry Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Rzeszowskiej z wykorzystaniem automatycznych aparatów:

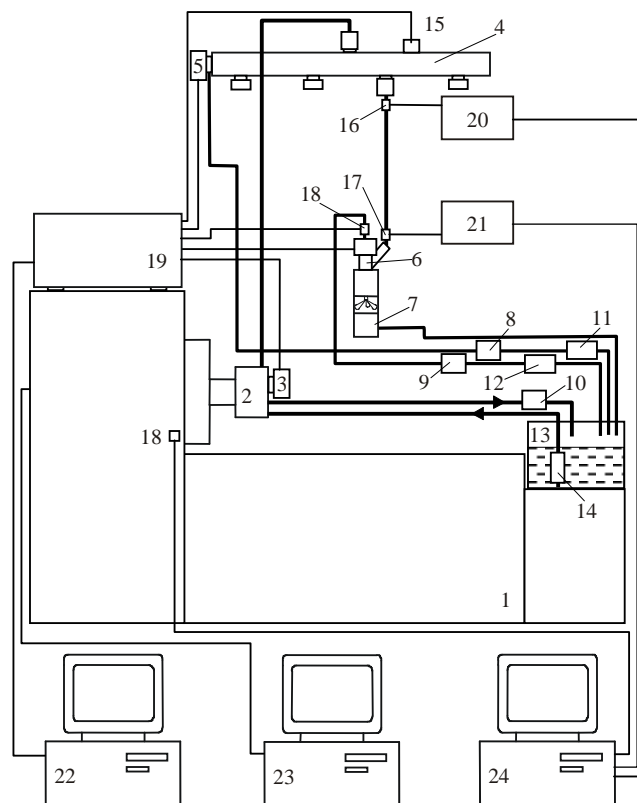
- gęstościomierza oscylacyjnego DMA 4500 M firmy Anton Paar który pozwala oznaczać gęstość w zakresie do 3 g/cm³ z do-

kładnością 5·10⁻⁶ g/cm³ przy temperaturze próbki od 0°C do 90°C,

- lepkościomierza Ubbelohde'a HVU 482 firmy Herzog z układem termostatu umożliwiającym regulację temperatury próbki w zakresie od -40 °C do +100 °C,
- kalorymetru IKA C200, za pomocą którego, metodą izoperiboliczną wyznaczono ciepło spalania, na podstawie którego obliczono wartości opałowe paliw.

1.3. Charakterystyka stanowiska badawczego

Badania dla oleju probierczego V-1404 przeprowadzono z wykorzystaniem stołu probierczego typu EPS-815 firmy Bosch z elektronicznym pomiarem dawki KMA 822, a pomiar wydatku pompy był realizowany objętościowo [4]. Natomiast dla oleju napędowego, paliwa B7 oraz B20, badania przeprowadzono na opracowanym w tym celu stanowisku badawczym (rysunek 1), a pomiar wydatku był realizowany masowo. Ze względu na możliwy szkodliwy wpływ badanych paliw na stanowisko probiercze, służyło ono jedynie do napędu pomp wysokiego ciśnienia. Układ hydrauliczny stanowiska opracowano w Katedrze Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Rzeszowskiej.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego [13]: 1-stół probierczy Bosch EPS-815, 2-pompa wysokociśnieniowa, 3-zawór regulacji ciśnienia wyjściowego pompy, 4-szyna, 5-zawór regulacji ciśnienia w szynie, 6-wtryskiwacz, 7-komora wttryskowa, 8, 9, 10-chłodnice paliwa, 11,12-przepływomierze z czujnikami Coriolisa do pomiaru wydatku pompy i przelewu wtryskiwacza, 13-zbiornik paliwa, 14-pompa zasilająca, 15-czujnik ciśnienia w szynie, 16, 17- piezorezystywne czujniki ciśnienia typu 4067A2000A0 firmy Kistler, 18-czujnik położenia i prędkości obrotowej wałka pompy typu 365C firmy AVL, 19, 20-wzmacniacze sygnału typu 4618A0 firmy Kistler, 21-mikroprocesorowy sterownik sterujący pracą układu wttryskowego, 22-komputer do akwizycji sygnałów wolnozmiennych i zarządzania sterownikiem, 23-komputer sterujący stołem probierczym, 24-komputer z kartą pomiarową do akwizycji przebiegów szybkozmiennych

System hydrauliczny układu wtryskowego zbudowano z wykorzystaniem elementów seryjnego układu wtryskowego typu Common Rail. W skład systemu wchodziła szyna o oznaczeniu 0445214004 z regulatorem DRV o oznaczeniu 0281002241. Do zasobnika, wyposażonego w cztery króćce do przyłączenia wtryskiwaczy, podłączony był tylko jeden wtryskiwacz sterowany elektromagnetycznie o oznaczeniu 0445110083, a pozostałe króćce były zaślepienie. W trakcie badań wtryskiwacz nie byłysterowany, a podłączenie wykorzystano do zamontowania czujników wysokiego ciśnienia, które umieszczono na przewodzie wysokiego ciśnienia przy szynie i przy wtryskiwaczu. Do połączenia szyny z wtryskiwaczem użyto prostego przewodu o długości 150 mm. Paliwo za pomocą elektrycznej pompy paliwa tłoczone było poprzez filtr paliwa do pompy wysokiego ciśnienia poprzez system zaworów pozwalający na sterowanie ciśnieniem zasilania i powrotu pompy. W układzie zastosowano trzy chłodnice paliwa typu ciecz-ciecz, które służyły do utrzymywania stałej temperatury paliwa. Przepływ cieczy chodzącej (wody) przez chłodnice był sterowany zaworami elektromagnetycznymi uruchamianymi przez sterownik układu na podstawie zmierzonych temperatur przed każdą z chłodnic. Dwie z powyższych chłodnic chłodziły paliwo, które przepływało dalej do przepływomierzy, natomiast trzecia chłodnica służyła do schładzania paliwa powracającego z pompy do zbiornika.

Do pomiaru wydatku pompy zastosowano dwa przepływomierze typu Micro Motion firmy Emerson wyposażone w czujniki Coriolisa. Ze względu na możliwe przecieki z wtryskiwacza przy wysokich ciśnieniach, w celu określenia pełnego wydatku pompy, drugi z przepływomierzy wykorzystano do pomiaru tych przecieków. Zastosowane przepływomierze umożliwiają masowy pomiar natężenia przepływu oraz pomiar gęstości i temperatury przepływającego paliwa, co pozwoliło na określenie wydatku objętościowego. Dokładny opis stanowiska badawczego przedstawiono w pracy [1].

Sterownik układu, poza utrzymywaniem założonych temperatur w niskociśnieniowym obwodzie układu, sterował także pracą pompy zasilającej, regulatorem ciśnienia paliwa tłoczonego przez pompę (jeżeli pompa w taki regulator była wyposażona) oraz regulatorem ciśnienia paliwa w zasobniku.

Zadaniem sterownika było również przesyłanie, za pomocą transmisji szeregowej, zmierzonych parametrów układu do komputera nadzorującego pracę sterownika. Podczas badań rejestrowano następujące parametry pracy układu przesyłane przez sterownik:

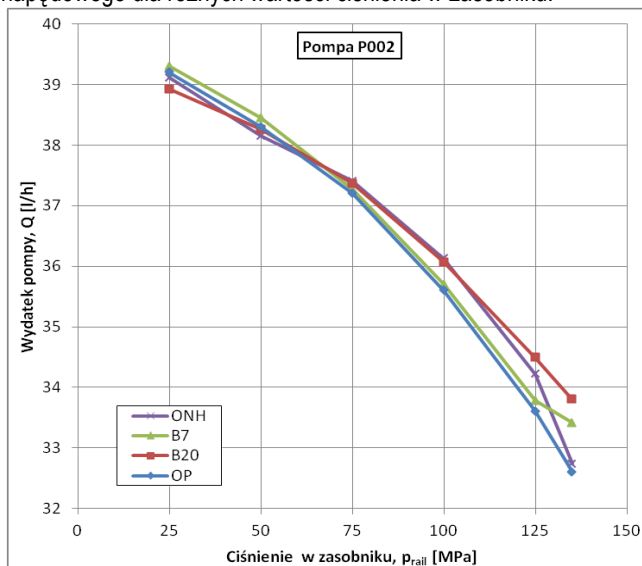
- ciśnienie w zasobniku,
- temperatury; powrotu paliwa z szyny, przelewu wtryskiwacza i paliwa w zbiorniku,
- wydatek pompy i przelewu wtryskiwacza,
- gęstość paliwa powracającego z szyny oraz z przelewu wtryskiwacza.

Ponadto, w przewodzie wtryskowym za szyną oraz w przewodzie przed wtryskiwaczem, rejestrowano szybkozmienne przebiegi ciśnienia. Ciśnienie w przewodzie wysokociśnieniowym mierzono za pomocą dwóch torów pomiarowych z czujnikami piezorezystywnymi firmy Kistler o zakresie pomiarowym 0÷200 MPa. Za wartość ciśnienia w układzie uznawano średnią wartość obliczoną z zarejestrowanych wartości ciśnienia w przewodzie wysokiego ciśnienia za szyną. Sygnał z czujnika umieszczonego za szyną wykorzystano także do oceny maksymalnej amplitudy pulsacji ciśnienia, która stanowi istotny parametr pracy układu wtryskowego.

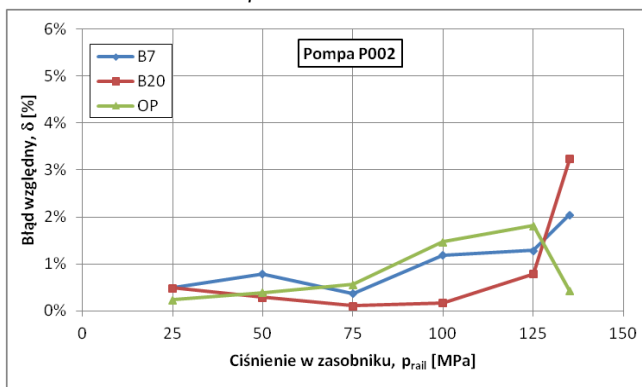
Sygnały szybkozmienne rejestrowano za pomocą karty pomiarowej AT-MIO-16E-1 firmy National Instruments z przetwornikiem analogowo-cyfrowym o maksymalnej częstotliwości próbkowania wynoszącej 1 MHz i 12 bitowej rozdzielczości. Każdorazowo rejestrowano 5 pełnych obrotów pompy, a rejestracji sygnałów dokonywano co 0,5° obrotu wałka pompy.

2. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

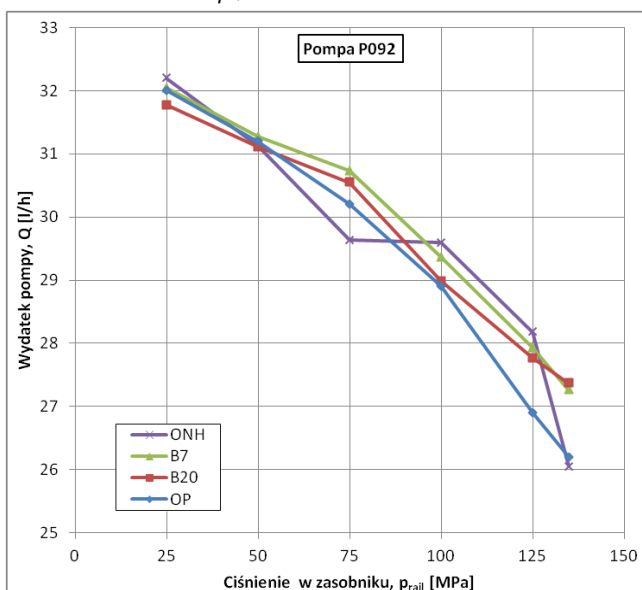
Na rys. 2÷5 przedstawiono wyniki badań wydatku pompy wysokiego ciśnienia zasilanych badanymi paliwami oraz wartości względnego błędu tego wydatku w odniesieniu do wydatku oleju napędowego dla różnych wartości ciśnienia w zasobniku.



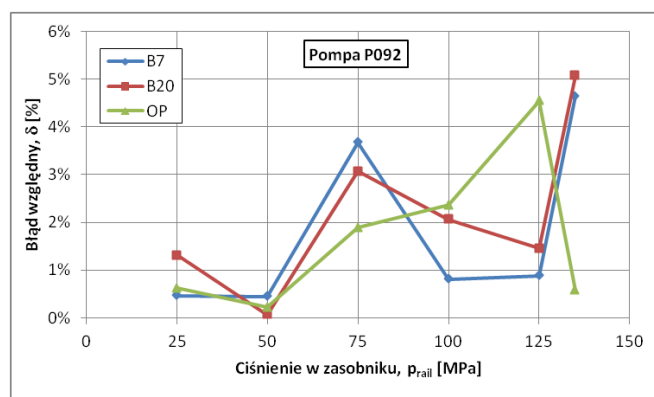
Rys. 2. Wydatek Q pompy P002 dla badanych paliw w zależności od ciśnienia w zasobniku p_{rail}



Rys. 3. Błąd względny δ wydatku pompy P002 dla poszczególnych paliw w odniesieniu do oleju napędowego w zależności od ciśnienia w zasobniku p_{rail}



Rys. 4. Wydatek Q pompy P092 dla badanych paliw w zależności od ciśnienia w zasobniku p_{rail}



Rys. 5. Błąd względny δ wydatku pompy P092 dla poszczególnych paliw w odniesieniu do oleju napędowego w zależności od ciśnienia w zasobniku p_{rail}

Jak widać z rys. 2 i 4 wartość wydatku maleje wraz ze wzrostem ciśnienia dla wszystkich badanych paliw, przy czym, im większe ciśnienie w zasobniku tym większy jest spadek wydatku. Wartości wydatku dla poszczególnych paliw są zbliżone, a błąd względny w odniesieniu do wydatku oleju napędowego nie przekracza 3,5 % dla pompy P002, a dla pompy P092 jest tylko nieznacznie większy i wynosi nieco powyżej 5 %. Dla obu pomp największe różnice zanotowano dla paliwa B20 i przy maksymalnych ciśnieniach występujących podczas badań.

W tabeli 4 przedstawiono maksymalne wahania ciśnienia w układzie wtryskowym, które dla wszystkich badanych paliw poza olejem probierczym, były określone na podstawie pomiarów ciśnienia w przewodzie wysokiego ciśnienia za pomocą czujnika umieszczonego bezpośrednio za szyną. W badaniach pomp zasilanych olejem probierczym wielkość pulsacji ciśnienia określono za pomocą czujnika umieszczonego w zasobniku stołu probierczego.

Tab. 4. Wielkość pulsacji ciśnienia w przewodzie wysokiego ciśnienia za szyną

Rodzaj paliwa	Wielkość pulsacji ciśnienia Δp_{rail} [MPa]	
	Pompa P002	Pompa P092
ONHL	1,58	1,38
B7	1,39	1,26
B20	1,35	1,30
OP	0,83*	0,73*

*Wartości zmierzone przez czujnik umieszczony w szynie

Jak wynika z tabeli 4 poziom pulsacji w żadnym przypadku nie przekroczył wartości dopuszczalnych, które dla obu badanych pomp wynosiły 2 MPa (tabela 1).

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wydatku pomp wysokiego ciśnienia wynika, że zastosowanie paliwa z dodatkiem biokomponentów nawet do 20% nie powoduje istotnych zmian w pracy badanych pomp. Uzyskane wartości wydatku przy nominalnym ciśnieniu, które dla obu badanych pomp wynosiło 135 MPa mieszczą się w zakresie dopuszczalnych odchyień podawanych przez producenta pomp, podobnie jak i poziom pulsacji ciśnienia w zasobniku. Ponieważ, jako paliwo odniesienia przyjęto olej napędowy, ze względu na planowane dalsze badania silnikowe, wykonano także badania wydatku pomp zasilanych olejem probierczym. Celem było sprawdzenie odchyień w pracy pompy na oleju napędowym w odniesieniu do oleju probierczego. Jak można zauważyć na rysunkach 2 i 4, dla

obu badanych pomp charakterystyka wydatku w funkcji ciśnienia paliwa w zasobniku dla oleju probierczego jest najbardziej regularna. W przypadku pozostałych paliw, szczególnie w przypadku pompy P092 pracującej na oleju napędowym można zauważyć duże nieregularności w przebiegu charakterystyki wydatku. Pomimo tego, obie badane pompy w warunkach kontrolnych (przy ciśnieniu 135 MPa) spełniły wymagania dotyczące wielkości wydatku dla każdego z badanych paliw. Należy jednak zauważyć, że ze względu na różną gęstości badanych paliw, wydatek masowy dla paliwa o wyższej gęstości (B20) jest większy. W przypadku badanych pomp (typ CP1) nie powinno to mieć większego znaczenia dla pracy wtryskiwaczy i wielkości wtryskiwanego przez nie paliwa, gdyż paliwo jest tłoczone z nadmiarem przez pompę, a regulacja odbywa się po stronie wysokiego ciśnienia za pomocą zaworu DRV, który w przypadku pompy P002 znajduje się na pompie, a w przypadku pompy P092 na szynie. Jednak w przypadku zaworu dozującego, stosowanego w nowszych rozwiązaniach układów wtryskowych, którego zadaniem jest regulacja ilości paliwa przetłaczanego przez pompę, zmiany w sposobie pracy pompy mogą wpływać na pracę układu wtryskowego. Wynika to z faktu, że paliwo z większą ilością biokomponentów (tu B20) posiada mniejszą wartość opałową, a wzrost wielkości wydatku masowego może być niewystarczający by ten spadek zrekompensować pod względem energetycznym. Ewentualne zwiększenie wydatku, przy regulacji za pomocą zaworu dozującego, może wymagać zmian w strategii sterowania takim zaworem.

Stąd też, niezbędne są badania tego typu pomp wysokiego ciśnienia w celu potwierdzenia poprawności działania w całym zakresie pracy układu wtryskowego przy zasilaniu paliwami o większym udziale biokomponentów. Ponadto, dalsze badania powinny być również ukierunkowane na problemy związane z eksploatacją silników z zasobnikowymi układami wtryskowymi, które mogą się pojawić ze względu na stabilność takich paliw. Podczas prowadzonych badań zaobserwowano, nawet po stosunkowo krótkim okresie przechowywania pomp użytkowanych uprzednio na paliwie o większym udziale biokomponentów, nieprawidłowości w pracy pomp, które objawiały się np. pulsacjami w obwodzie zasilania, co wynikało prawdopodobnie z niewłaściwej pracy zaworu znajdującego się na wlocie paliwa do pompy. W ekstremalnych przypadkach, pompa nie tłoczyła paliwa w początkowym okresie pracy na nowym paliwie.

Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań, należy stwierdzić, że w przypadku układów wtryskowych z pompami wysokiego ciśnienia typu CP1, w których regulacja ciśnienia odbywa się po stronie wysokiego ciśnienia, zastosowanie paliwa o zwiększonym udziale biokomponentów nawet do 20%, nie powinno w istotny sposób wpływać na parametry takich układów. W celu potwierdzenia tego, planowane są badania silnikowe. Biorąc jednak pod uwagę możliwość wytrącania się osadów w paliwie z większą ilością biokomponentów, w celu uniknięcia nieprawidłowości w pracy aparatury wtryskowej, należy szczególną uwagę zwrócić na warunki i czas przechowywania tego typu paliw.

BIBLIOGRAFIA

- Balawender K., Lejda K., Ustrzycki A., Stanowisko badawcze wtryskowych układów Common Rail zasilanych paliwami różnego typu. Вісник Національного транспортного університету, t.23, s.37-43, Kijów 2011.
- Basha, S.A., Gopal, K.R., Jebaraj, S., A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 6-7, 2009.

3. Communication from the Commission - Europe 2020, A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM(2010) 2020 final, Brussels 2010.
4. Harajda M., Badania wpływu ciśnienia na wydatek pomp wysokiego ciśnienia układów wtryskowych typu CR. Praca dyplomowa, Rzeszów 2015,
5. Hoekman S.K., Brocha A., Robbins C., Cenicerros E., Natarajan M., Review of biodiesel composition, properties, and specifications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 1, 2012.
6. Karpiuk W., Kinal G., Smolec R., Analysis of the effects of rape fuels on elements modern injection systems in diesel engines. Combustion Engines. 2015, 162(3).
7. Koszałka G., Hunicz J., Kordos P., Porównanie własności użytkowych i ekologicznych silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego olejem napędowym i bioestrem. Mat. VII Międzynarodowej Konferencji Naukowo - Technicznej MOTROL 2009, Lublin 2009.
8. Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A., Determinanty dokładności dawkowania paliwa w systemie zasobnikowego układu zasilania Common Rail. Czasopismo Techniczne, t.8-M, z.12, s.161-172, Politechnika Krakowska 2008.
9. Kuszewski H., Jaworski A., Ustrzycki A., The study of selected fuel properties in aspect of selection the parameters of Common Rail injection system. Проблеми Хіммотології. Теорія та практика раціонального використання традиційних та альтернативних паливно-мастильних матеріалів. Монографія – матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції. Kijów 2014. s. 321-324
10. Lejda K., Ustrzycki A., Effect of supply voltage on the dosage of fuel in injection system the Common Rail type. Journal of Polish CIMAC'09, t.4, z.2, s.169-176, 2009.
11. Mazanek A., Ocena parametrów pracy aparatury wtryskowej typu Common Rail przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości biokomponentu. Nafta-Gaz, Nr 8/2012.
12. Orliński P., Wojs M., Mazuruk P., Kruczyński P., Influence of biodiesel on injection nozzle coking. Combustion Engines. 2015, 162(3).
13. Ustrzycki A., Hadło K., Kuszewski H., Wpływ rodzaju paliwa na wydatek pomp wysokiego ciśnienia zasobnikowych układów wtryskowych. Monografia nr 6, Seria Transport - Systemy i środki transportu samochodowego, s.209-218, Rzeszów, 2015.
14. Ustrzycki A., Jaworski A., Kuszewski H., Wpływ stosowania paliw alternatywnych na proces dawkowania wtryskiwaczy w zasobnikowym układzie wtryskowym. Monografia nr 4, Seria Transport - Systemy i środki transportu samochodowego, s.319-328, Rzeszów, 2013.
15. White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system. COM(2011) 144 final. Brussels 2011.

THE STUDY OF EFFECT OF FUEL TYPE ON THE OPERATION OF HIGH PRESSURE PUMP IN COMMON RAIL INJECTION SYSTEM

Abstract

The article presents the study results of two high pressure pumps used in common rail injection systems. The study was carried out using a standard diesel fuel, test oil and diesel/RME (rapeseed methyl ester) blends at various proportions. In this study, there were carried out measurements of pump flow rate depending on the pressure in the injection system. The aim of the study was to determine the changes in operation of tested pumps fueled with various fuels. The results showed that the flow rate and the level of pressure pulsations of tested pumps fueled with diesel fuel and alternative fuels is within acceptable tolerances.

Autorzy:

dr inż. Adam Ustrzycki – Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Krzysztof Balawender – Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu dr inż. Artur Jaworski – Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, dr inż. Hubert Kuszewski – Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu