

MERKISZ Jerzy, MIZERA Jarosław, FUĆ Paweł, MAJ Piotr, BAJERLEIN Maciej,
RYMANIAK Łukasz

WPŁYW ZASTOSOWANIA PRZEPUSTNICY W KOLEKTORZE DOLOTOWYM NA WSKAŹNIKI EKOLOGICZNE SILNIKA O ZS

Streszczenie

W artykule przedstawiono badania wpływu zastosowania przepustnicy w kolektorze dolotowym wolnossącego silnika ZS na jego wskaźniki ekologiczne. Problem kontroli procesu spalania w komorze silnika spalinowego jest trudnym zagadnieniem, jednak opierając się na przesłankach teoretycznych sformułowano tezę, że proces ten można w pewnym stopniu kontrolować kształtując ruch ładunku. W związku z tym pojawia się możliwość oddziaływania na emisyjność oraz sprawność silnika spalinowego. W pracy omówiono sposób kształtowania kinetyki spalania przez ruch ładunku, przedstawiono konstrukcję zastosowanej przepustnicy, a także opisano metodykę przeprowadzonych badań. Podczas analizy wskaźników ekologicznych wzięto pod uwagę emisję CO, HC, NO_x oraz zacinienie spalin. Całość uzupełniono rozważaniami dotyczącymi kierunku dalszych prac.

WSTĘP

Silniki spalinowe są obecnie konstruowane w taki sposób, aby uzyskiwać jak największe maksymalne sprawności ogólne (związane z obniżeniem emisji CO₂) przy uwzględnieniu ograniczeń emisji podstawowych składników toksycznych spalin: CO, HC, PM i NO_x [2, 5]. W celu spełnienia tych założeń poszukiwane są nowe rozwiązania konstrukcyjne, które dotyczą bezpośrednio budowy samej jednostki spalinowej, a także układów pozasilnikowych. Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat wymienić można pojawianie się układów, takich jak np.: regulacja kąta początku wtrysku (kąta zapłonu) i ciśnienia wtrysku paliwa, recyrkulacja spalin i regulacji strumienia spalin EGR, różnego rodzaju reaktory katalityczne, chłodzenie powietrza doładowanego za sprężarką, chłodzenie spalin EGR, stosowanie SCR, a także podział dawki na części [5, 7]. Jednak nie zawsze zastosowane układy i systemy zapewniają uzyskanie limitów emisyjnych, co oznacza że konieczne jest prowadzenie dalszych poszukiwań rozwiązania przedstawionego problemu.

Szerokie pole pracy silników spalinowych w samochodach wymusza sterowanie i korekcję wartości wielu parametrów regulacyjnych pracy jednostki. Dodatkowo wymagania dotyczące regulacji wzrastają, jeżeli uwzględni się ograniczenia emisji szkodliwych składników gazów wylotowych – najkorzystniejsza byłaby kontrola przebiegu spalania. Potrzebny jest więc środek konstrukcyjny, który pozwoli w sposób ciągły oddziaływać na kinetykę reakcji chemicznych zachodzących w komorze spalania. Rodzaj środka wynika z teoretycznych podstaw kinetyki reakcji. Opierając się na przesłankach teoretycznych formułowana jest teza, że proces spalania można kontrolować kształtując ruch zasysanego ładunku [3]. Zmianę prędkości ruchu ładunku najłatwiej jest uzyskać przez dławienie, a więc

zweżenie przekroju przepływowego. Nie powinno ono mieć jednak charakteru stałego ze względu na wartość współczynnika napełnienia cylindra.

1. WPŁYW ZASTOSOWANIA PRZEPUSTNICY NA KINETYKĘ SPALANIA

Brak narzędzi do wiarygodnej symulacji ruchu ładunku w komorze spalania w okresie od początku napełniania (początek fazy otwierania zaworu) do chwili pojawienia się samozapłonu oraz trudna do zaprojektowania i wykonania konstrukcja układu napędu zaworów zadecydowały o przyjęciu następującej metody postępowania. Po wstępnej analizie ustalono, że konieczne jest ilościowe oszacowanie skuteczności oddziaływania na kinetykę spalania, mającą bezpośredni wpływ na wskaźniki ekologiczne silnika, za pomocą przepustnicy specjalnej konstrukcji. Przesłona przepustnicy zamontowana została w kolektorze dolotowym przed głowicą. Zmiana jej położenia wpływa na zaburzenie ruchu ładunku w porównaniu do ruchu kształtowanego przez fabryczną konstrukcję silnika. Założono, że zaburzenie to będzie na tyle silne, że nie zaniknie w czasie suwu sprężania. Tym samym w chwili samozapłonu powinien wystąpić zmieniony stan ruchu ładunku wewnątrz komory spalania.

W warunkach charakterystyki pełnej mocy (także w jej pobliżu) nacisk kładziony jest na uzyskanie odpowiedniego momentu obrotowego silnika. Zatem w tym obszarze pracy silnika wyklucza się przemykanie zaworu ssącego. To oznacza, że w tych warunkach przesłona powinna być maksymalnie otwarta, aby w jak najmniejszym stopniu oddziaływać na przekrój przepływowy i opór hydrauliczny układu dolotowego. Natomiast w warunkach obciążenia częściowych (poniżej momentu z charakterystyki pełnej mocy) można przyjąć, że drugorzędą rolę odgrywać powinna zmiana współczynnika napełnienia cylindra, którą wywołuje ruch przepustnicy. Zmniejszanie przekroju przepływowego i oporu hydraulicznego nie powinno być na tyle duże, aby zakłócić samozapłon. Istotą celu zabudowy przepustnicy było eksperymentalne stwierdzenie, czy w wyniku zmiany jej położenia nastąpi istotna zmiana w emisji szkodliwych składników spalin.

Do budowy przepustnicy przeznaczonej dla silnika wolnossącego silnika ZS zdefiniowano szereg założeń, które dotyczyły między innymi: konstrukcji ogólnej, sposobu współpracy z siłownikiem hydraulicznym, powierzchni maksymalnego zakrycia, a także wytrzymałości. Wraz ze zmianą położenia przesłony zmienia się opór hydrauliczny układu dolotowego, co w konsekwencji wpływa na współczynnik napełnienia silnika. Natomiast w ustalonym punkcie pracy silnika dawka wtryskiwanego paliwa pozostaje stała, niezależnie od położenia przesłony przepustnicy. W takim przypadku oprócz zmiany stałej kinetyki reakcji, wywołanej zmianą ruchu ładunku w komorze spalania, zmienia się także funkcja stężeń substratów. W związku z powyższym oczekiwać należy zmiany kinetyki spalania w cylindrze nie tylko ze względu na zmianę ruchu, lecz także ze względu na zmianę funkcji stężeń, co wynika z pierwszego prawa kinetyki reakcji chemicznych, które dotyczy szybkości nieodwracalnej reakcji chemicznej r [1, 6]:

$$r = k \cdot f(c_i) \quad (1)$$

gdzie współczynnik k , zwany stałą szybkości reakcji, jest niezależny od stężeń c_i reagentów. Wyrażenie $f(c_i)$ opisuje stężenia substratów oraz produktów reakcji.

W odniesieniu do spalania w silniku spalinowym substraty tworzą wszystkie składniki paliwa i powietrza, a produktami są wszystkie składniki znajdujące się w komorze po zakończeniu spalania. Szybkość przebiegu reakcji może być definiowana na różne sposoby.

Jednak w odniesieniu do rozpatrywanego przypadku najlepszą formą jest zapis w postaci wzoru:

$$r_i = \frac{R}{V} \quad (2)$$

gdzie R jest pochodną liczby ξ postępu reakcji, definiowanego jako:

$$\frac{\delta n_i}{\nu_i} \stackrel{def}{=} d\xi \quad (3)$$

Przedstawione wielkości oznaczają: V – całkowitą objętość komory spalania, natomiast ν_i – współczynnik stechiometryczny. Wielkość δn_i rozumiana jest jako zmiana liczby moli i -tego składnika reakcji w czasie dt . W układach takich komora spalania silnika, szybkość reakcji i -tego składnika układu jest wyrażana przez stężenie c_i jako [1]:

$$r_i = \frac{R}{V} = \frac{1}{\nu_i} \cdot \frac{dc_i}{dt} \quad (4)$$

2. KONSTRUKCJA PRZEPUSTNICY WOLNOŚĄCEGO SILNIKA ZS

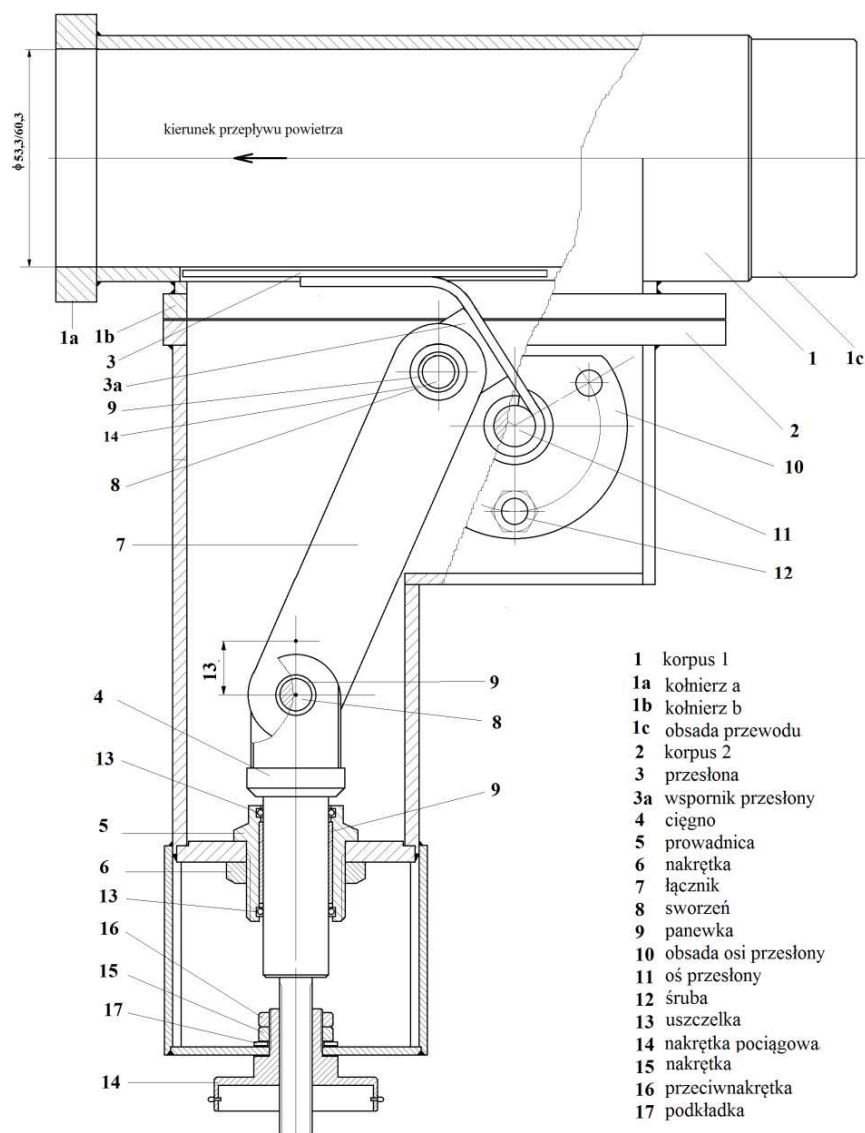
Uwzględniając postawione założenia opracowano konstrukcję przepustnicy, której schemat przedstawiona na rysunku 1. Kolektor dolotowy silnika zastąpiono korpusem (1) – konstrukcja w formie trójkąta z dwoma kołnierzami (1a) i (1b) oraz częścią cylindryczną (1c). Kołnierz (1a) służy do mocowania konstrukcji przepustnicy w głowicy silnika, natomiast końcówka do połączenia układu dolotowego silnika ze zbiornikiem wyrównującym pulsacje ciśnienia w układzie dolotowym, wywołane ruchem tłoka silnika jednocylindrowego. Do kołnierza (1b) korpusu (1) mocowany jest korpus (2) wraz z przesłoną (3). Przesłonę (3) osadzono obrotowo na osi (11) ułożyskowanej w dwóch obsadach (10). Do przesłony (3) przyspawano wspornik (3a), służący do połączenia za pomocą łącznika (7) z ciągnem (4). W tym celu wykorzystano sworznie (8) i panewki (9) łożysk ślizgowych. Ciężno (4) prowadzone jest w prowadnicy (5) wykonanej w formie śruby i osadzonej w korpusie (2) z wykorzystaniem nakrętki (6). Prowadzenie zapewnia panewka (9) łożyska ślizgowego wraz z uszczelkami (13).

Przemieszczanie ciężna (4) odbywa się w dwojaki sposób: ręcznie lub z wykorzystaniem siłownika hydraulicznego. Do ręcznego przemieszczania służy nakrętka pociągowa (14), osadzona w korpusie (2). Pokręcanie nakrętką wymusza przemieszczenie liniowe ciężna (4) a wraz z nim obrót przesłony (3) dookoła osi (11). Nakrętka (15) i przeciwnakrętka (16) służą do ustalenia luzu wzdłużnego nakrętki pociągowej (14) i jednocześnie uniemożliwiają jej przemieszczanie na kierunku ciężna. Podkładka (17) ułatwia płynny ruch nakrętki pociągowej. Dzięki łatwemu dostępowi do nakrętki pociągowej i niewielkiej sile wymaganej do zmiany położenia przesłony, ręcznie dokonywana quasistatyczna regulacja położenia przesłony nie jest uciążliwa.

Do badań z wykorzystaniem siłownika hydraulicznego nakrętka pociągowa (14) zostaje zdemonstrowana a gwintowane zakończenie ciężna (4) zostaje połączone bezpośrednio z tłoczyskiem siłownika hydraulicznego. Zmianę położenia przesłony wymusza siłownik hydrauliczny. Ponieważ siłownik generuje znaczą siłę, więc w tym przypadku można realizować dynamiczny sposób zmiany położenia przesłony.

Z wykorzystaniem kołnierza (1a) korpusu (1) przesłony, układ montowany jest bezpośrednio do głowicy w miejsce kolektora ssącego. Zatem niewielki odcinek kanału

dolotowego wewnątrz głowicy nie tłumi znacząco zmian w przepływie wywołanych przez przepustnicę. Maksymalny skok cięgna (4) wynosi 13 mm, co zapewnia zmniejszenie przekroju dolotowego o około 70%.



Rys. 1. Widok przepustnicy silnika wolnossącego silnika ZS

3. METODYKA BADAŃ

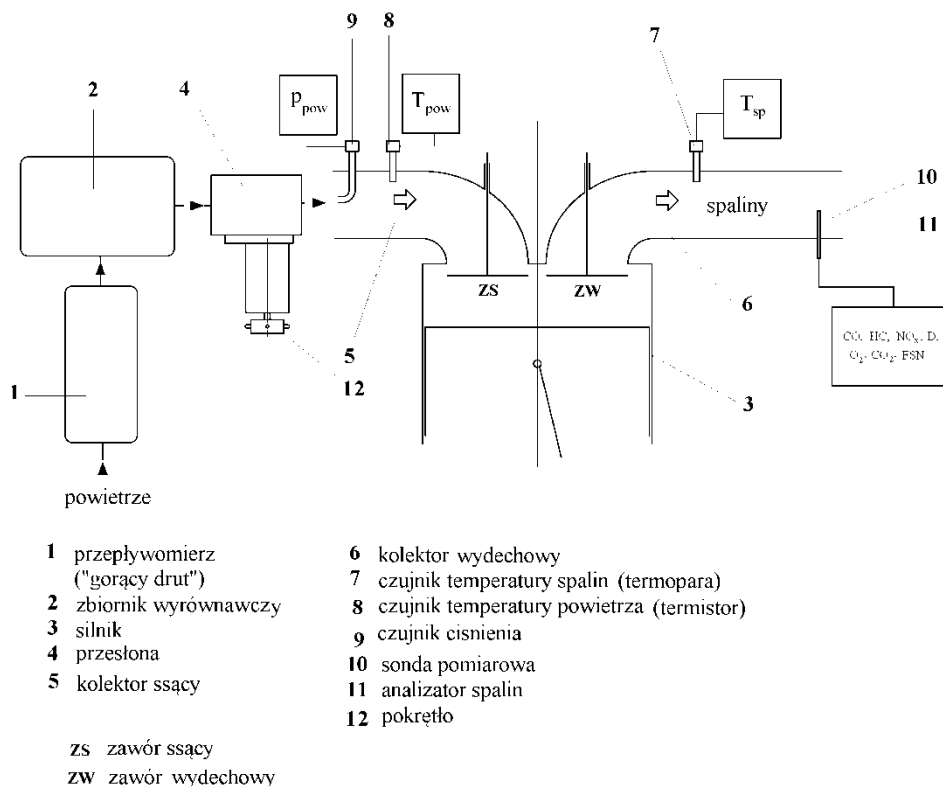
Realizacja pomiarów umożliwiła dokonanie analizy, pokazującej istotność wpływu zastosowania przepustnicy na wskaźniki ekologiczne silnika. Dzięki temu możliwe było przeprowadzenie oceny wpływ czynnika konstrukcyjnego na kinetykę spalania, zmiany oporu aerodynamicznego układu dolotowego i zmiany funkcji stężeń substratów. W związku z tym dokonano pomiarów:

- sekundowego zużycia paliwa,
- współczynnika napełnienia (pomiar zapotrzebowania powietrza),
- temperatury ładunku przed zaworem ssącym,
- ciśnienia otoczenia,
- całkowitego, średniego ciśnienia przed zaworem ssącym,
- emisji gazów wylotowych silnika.

Kinetyka spalania w rzeczywistych warunkach komory pracującego silnika może być oceniana na podstawie zmian emisji toksycznych składników spalin.

Ustalając program badań silnikowych z wykorzystaniem przesłony przewidywano dwa etapy. Etap pierwszy poświęcono weryfikacji konstrukcji, sprawdzenie poprawności ruchowych, sprawdzenie zakresu regulacji itp. Dokonano przy tym niewielkich zmian konstrukcyjnych ułatwiających wykonywanie badań silnikowych. Ponadto przeprowadzono wstępną ocenę skuteczności oddziaływania proponowanej koncepcji na emisję szkodliwych składników spalin. W etapie drugim sporządzono charakterystyki regulacyjne wpływu stopnia otwarcia przesłony na emisję, w wybranych punktach pracy silnika z obszaru charakterystyki ogólnej. Punkty pracy silnika dobrano tak, aby pokryć cały obszar charakterystyki ogólnej. W obu etapach zmiana położenia przesłony dokonywana była w warunkach statycznych.

Badania wykonano na stanowisku hamownianym wyposażonym w jednocylindrowy silnik badawczy SB3.1 i hamulec elektrowirowy o maksymalnej moc pochłaniania wynoszącej 100 kW. Silnik jest przeznaczony do badań endoskopowych, indykowania oraz do pomiarów emisji toksycznych związków spalin (tab. 1). Konstrukcję przepustnicy (4) wraz z przesłoną zamontowano w miejsce kolektora dolotowego. Zatem przesłona umiejscowiona jest tuż przed zaworem ssącym. Użyty w badaniach zużycia powietrza przepływomierz (1) jest wrażliwy na pulsacje ciśnienia. Dlatego koniecznym stało się zabudowanie w układzie dolotowym zbiornika wyrównawczego (2) o pojemności około 50 razy większej niż pojemność badanego silnika. Dla potrzeb analizy mierzono temperaturę (czujnik termistorowy – 8) i ciśnienie całkowite (rurka Pitota – 9) powietrza na wlocie do kanału dolotowego w głowicy. Ponadto mierzono także temperaturę spalin (termopara – 7) w odległości około 60 cm za zaworem wydechowym. Sondy analizatorów spalin (dymomierz i analizator składników gazowych) umieszczono w kolektorze wylotowym (tuż przed przyłączem do wyciągu spalin). Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 2, natomiast widok silnika badawczego z zamontowaną przepustnicą oraz aparaturą pomiarową pokazano na rysunku 3.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

Tab. 1. Dane techniczne silnika badawczego SB 3.1

Typ	czterosuwowy, zapłon samoczynny
Liczba cylindrów	1
Średnica cylindra	127 mm
Skok tłoka	146 mm
Objętość skokowa	1,850 dm ³
Stopień sprężania ϵ	15,75
Stosunek korbowy r/L	0,263
Liczba zaworów	2
Otwarcie zaworu dolotowego	4° przed GMP
Zamknięcie zaworu dolotowego	57° po DMP
Otwarcie zaworu wylotowego	42° przed DMP
Zamknięcie zaworu wylotowego	24° po GMP
Wtryskiwacz	elektromagnetyczny Bosch

**Rys. 3.** Widok silnika badawczego wraz z zamontowaną przepustnicą oraz aparaturą pomiarową

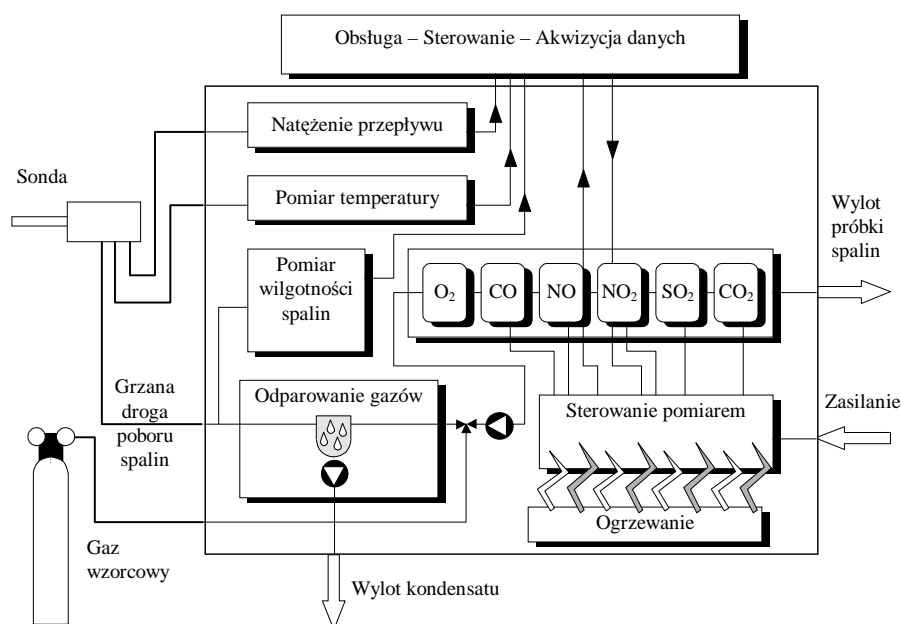
Do pomiaru emisji składników gazowych spalin wykorzystano analizator Testo 360 (tab. 2, rys. 3). W urządzeniu zawartość tlenu węgla oraz tlenków azotu mierzy się za pomocą analizatora amperometrycznego [4]. Do pomiaru dwutlenku węgla wykorzystywany jest analizator NDIR (*Non-Dispersive Infra Red*). Stężenie tlenu określane jest analizatorem galwanicznym, natomiast zawartość węglowodorów analizatorem, który wykorzystuje zmianę rezystancji opornika pokrytego katalizatorem. Zmiana rezystancji związana jest ze zmianą temperatur opornika na skutek utleniania na katalizatorze składników spalin.

Tab. 2. Zakres i dokładność pomiaru związków mierzonych analizatorem spalin Testo 360 [4]

Wielkość mierzona	Zakres pomiaru	Błąd pomiaru
CO	0–10 000 ppm	poniżej 2,0% zakresu
CO ₂	0–25% obj.	poniżej 1,5% zakresu
HC	0–5% obj.	poniżej 10% zakresu
NO _x	0–3500 ppm	poniżej 3,8% zakresu
O ₂	0–21% obj.	poniżej 1,2% zakresu
Temperatura spalin	20–800°C	4°C

Dodatkowo w badaniach wykorzystano dymomierz firmy AVL 415S Smoke Meter. Pobór próbki gazów wylotowych realizowany jest przy użyciu membranowej pompy ssącej współpracującej z precyzyjnie sterowanym miernikiem przepływu spalin. Badana objętość gazów wylotowych transportowana jest przewodem grzanym. Próbkę spalin jest przepuszczana przez automatycznie przesuwaną taśmę filtracyjną, która ulega zaczernieniu

w wyniku osadzania się na jej powierzchni cząstek stałych. Powtarzalność pomiarów wynosi: $\sigma \leq \pm 0,005 \text{ FSN} + 3\%$ wartości pomiarowej, przy zakresie od 0,001 FSN [4].



Rys. 3. Schemat budowy analizatora Testo 360 do pomiaru stężenia szkodliwych składników spalin [4]

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

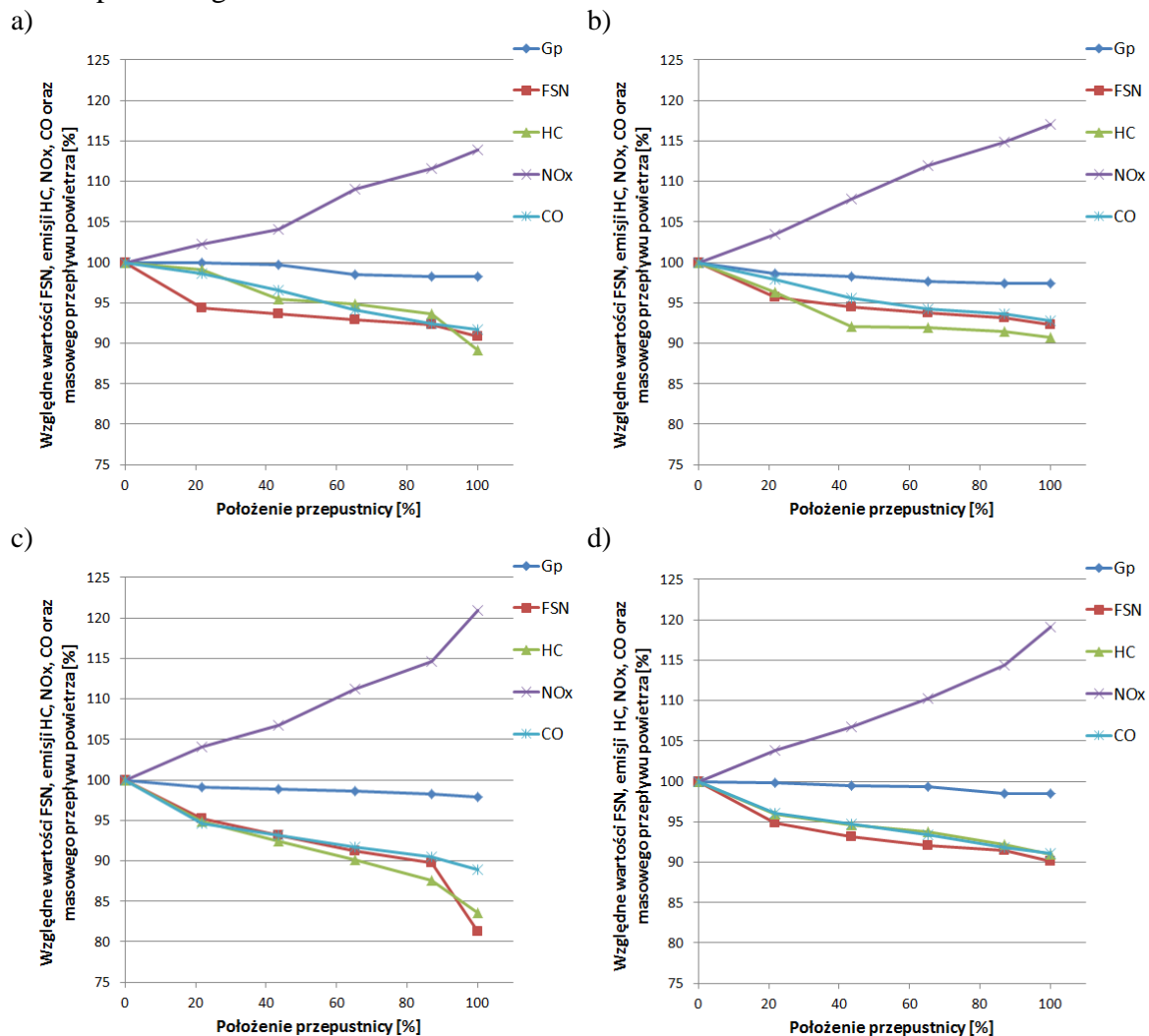
Przy monotonicznym ruchu przesłony przepustnicy przekrój przepływowy kanału dolotowego zmienia się również w sposób monotoniczny. Wobec powyższego przy niezmiennym ruchu zaworu ssącego (funkcja kąta obrotu wału korbowego opisująca wznios zaworu nie ulega zmianie) oczekiwać należy również monotonicznej zmiany stężeń składników spalin. Stwierdzenie takiego związku jest istotne podczas projektowania samego układu rozrządu jak również ustalenia funkcji sterujących ruchem zaworu. Dlatego też zdecydowano się na sporządzenie charakterystyk regulacyjnych wpływu położenia przepustnicy na stężenie szkodliwych składników w spalinach. Konstrukcja elementów przeniesienia ruchu z cięgna na przesłonę umożliwia wykonanie 23 pełnych obrotów nakrętki pociągowej czemu odpowiada obrót przepustnicy od zera do maksimum. Po wstępnych próbach ustalono, że do odwzorowania krzywej opisującej obrót przesłony wystarczy 6 punktów pomiarowych. Wobec powyższego zakres pomiarowy podzielono w przybliżeniu symetrycznie, przepustnicę przemykano na: 0%; 21,7%; 43,5%; 65,2%; 87% oraz 100%. Charakterystyki regulacyjne mierzono w warunkach obejmujących cztery różne prędkości obrotowe i cztery różne obciążenia dla każdej prędkości. Dla zilustrowania wniosków przytoczono cztery przypadki:

- $n = 1200 \text{ obr/min}$ i $M_o = 30 \text{ Nm}$ (rys. 4a),
- $n = 1200 \text{ obr/min}$ i $M_o = 60 \text{ Nm}$ (rys. 4b),
- $n = 1400 \text{ obr/min}$ i $M_o = 15 \text{ Nm}$ (rys. 4c),
- $n = 1400 \text{ obr/min}$ i $M_o = 45 \text{ Nm}$ (rys. 4d).

Na podstawie otrzymanych wyników badań można stwierdzić, że zmniejszenie zapotrzebowania na powietrze oscyluje wokół wartości 2%. Związek między położeniem przesłony, a zmniejszaniem zużycia powietrza jest prawie liniowy. Tendencja zarówno spadku wartości, jak i prawie liniowego charakteru była obserwowana we wszystkich punktach pomiarowych. Cenny wniosek wynika ze skojarzenia zmian zapotrzebowania na powietrze ze zmianami stężeń szkodliwych składników spalin: zmianom zużycia powietrza

towarzyszą również prawie liniowe zmiany emisji gazów wylotowych. Jak wynika z przytoczonych wykresów, zmiany te mają tendencję rosnącą w przypadku NO_x i malejącą w przypadku zawartości pozostałych związków w spalinach silnika spalinowego. Sugeruje to konieczność wykorzystania sygnału z czujnika określającego przepływ powietrza w kolektorze dolotowym, w zakresie regulacji położenia elementu konstrukcyjnego wykorzystywanego do oddziaływania na ruch ładunku. W rozpatrywanym przypadku jest to przepustnica.

Wraz ze wzrostem przemieszczenia przesłony odnotować należy zwiększenie stężenia NO_x . Dla przypadku $n = 1400 \text{ obr/min}$ i $M_o = 15 \text{ Nm}$ (rys. 4c) odnotowano większe wartości o prawie 21%. Opierając się tylko na ogólnych zależnościach należy wnioskować, że nastąpił wzrost temperatury maksymalnej ładunku podczas spalania, co potwierdzałby obserwowany wzrost temperatury spalin o 9°C (średnia temperatura spalin za kolektorem wydechowym). Jednocześnie w tych warunkach odnotowano wyraźne zmniejszenie wartości emisji pozostałych składników (zaczernienie spalin o około 19%, HC o ponad 16% i CO o ponad 11%). Cytowane zmiany świadczą o poprawie (z punktu widzenia emisji) ogólnych warunków spalania. Tendencja spadku stężenia wymienionych składników wraz ze wzrostem stężenia NO_x była powtarzalna, czego przykładem są pomiary w innych punktach pracy silnika spalinowego.



Rys. 4. Charakterystyka regulacyjna wpływu położenia przepustnicy na emisję szkodliwych składników spalin oraz zapotrzebowanie na powietrze: a) $n = 1200 \text{ obr/min}$ i $M_o = 30 \text{ Nm}$, b) $n = 1200 \text{ obr/min}$ i $M_o = 60 \text{ Nm}$, c) $n = 1400 \text{ obr/min}$ i $M_o = 15 \text{ Nm}$, d) $n = 1400 \text{ obr/min}$ i $M_o = 45 \text{ Nm}$

PODSUMOWANIE

Charakterystyka układu dolotowego kształtuje ruch ładunku w komorze spalania, również po zamknięciu zaworu ssącego. Wpływ ten utrzymuje się aż do momentu samozapłonu i w związku z tym oddziałuje na kinetykę spalania. To oznacza, że wynikająca z niej funkcja opisująca ruch ładunku, stanowi charakterystykę układu dolotowego i jest funkcją własną tego układu. Wpływ położenia przepustnicy na stężenie szkodliwych składników spalin potwierdza i wskazuje jednoznacznie, że konstrukcja układu dolotowego silnika nie powinna być stała, tj. niezmienna w całym obszarze charakterystyki ogólnej wspomniana funkcja własna. Odnotowany zakres zmian wartości wskazuje, że funkcja ta powinna ulegać zmianie odpowiednio do warunków pracy silnika.

Uwzględniając zakres zmierzonych zmian stężeń należy stwierdzić, że wpływ położenia przepustnicy na emisję szkodliwych składników spalin nie ma charakteru wyłącznie kosmetycznego. Wartości rzędu 20% są na tyle duże, że uzasadniają wniosek, aby poszukiwać środków konstrukcyjnych mogących bezpośrednio wpływać na kinetykę procesu spalania w silnikach o zapłonie samoczynnym. Może to być realizowane, tak jak w przedstawionym przypadku, przy wykorzystaniu przepustnicy lub za pomocą kształtowania ruchu zaworu dolotowego sterowanego odpowiednio skonstruowanym układem rozrządu. Jednak rozrząd taki musiałby pracować niezależnie od wartości kąta położenia wału korbowego silnika, a także pozwalałby na dowolne kształtowanie ruchu zaworu – szczególnie jego wzniosu. Formułowany wniosek jest tym bardziej zasadny, że opisywane zmiany ruchu ładunku dokonywano przed zaworem, poza głowicą. Zatem niewątpliwie zawór i jego ruch są czynnikami, które osłabiają efekt wywołany przesłoną. W niektórych przypadkach być może zupełnie go niwelują. Zatem przenosząc czynnik kształtowania ruchu ładunku z przesłony na zawór powinno się uzyskać znacznie większy wpływ na kinetykę reakcji. Powyższe stwierdzenie można uzasadnić dodatkowo tym, że zawór jest ostatnim elementem konstrukcyjnym oddziałującym na ruch ładunku.

BIBLIOGRAFIA

1. Atkins W. P., *Physical chemistry*. PWN, Warszawa 2003.
2. Delphi, *Worldwide emission standards. Passenger Cars & Light Duty Vehicles 2012/2013*, 2012.
3. Kozak W., Bajerlein M., Borowczyk T., Rymaniak Ł., *Wpływ ruchu ładunku na proces spalania w cylindrze silnika spalinowego*. *Combustion Engines / Silniki Spalinowe* nr 3/2013 (154).
4. Materiały firm: AVL, TESTO.
5. Merkisz J., Radzimirski S., *The analysis of the possibilities of fulfillment of EU carbon dioxide emission requirements through non construction methods; a 2011 update*. *Combustion Engines / Silniki Spalinowe* nr 4/2011 (147).
6. Praca zbiorowa, *Chemia fizyczna*. PWN Warszawa 1980.
7. Wajand Jan A., Wajand Jan T., *Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe*. WNT, Warszawa 2000.

THE INFLUENCE OF THE THROTTLE VALVE IN THE INLET COLLECTOR ON THE CI ENGINE ENVIRONMENTAL IMPACT

Abstract

The paper presents the impact of the throttle valve in the inlet collector applied to a CI engine on its ecological parameters. Although combustion control constitutes a multi-faceted problem in the case of combustion engines, it is assumed, on the basis of some theoretical reasoning, that this process can be controlled by means of optimizing air movement. In consequence, it makes possible to control emission to a large extent as well as the efficiency of the engine. The paper shows, firstly, the procedure of optimizing combustion kinetics by modifying air movement. Secondly, it shows the design of the throttle valve together with the methodology of the research and tests. The analysis includes the following ecological parameters: emissions of CO, HC, NO_x and opacity. Moreover, it discusses some opportunities for further research.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Jerzy Merkisz** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: jerzy.merkisz@put.poznan.pl

prof. nzw. dr hab. inż. **Jarosław Mizera** – Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej

dr. inż. **Paweł Fuć** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: pawel.fuc@put.poznan.pl

mgr inż. **Piotr Maj** – Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej

dr inż. **Maciej Bajerlein** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: maciej.bajerlein@put.poznan.pl

mgr inż. **Łukasz Rymaniak** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: lukasz.m.rymaniak@doctorate.put.poznan.pl