

Paweł FABIŚ

WPLYW NADMIARU POWIETRZA NA TEMPERATURĘ GAZÓW SPALINOWYCH ZA ZAWOREM WYDECHOWYM I PRZED KATALIZATOREM

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono wpływ zmiany współczynnika nadmiaru powietrza na temperaturę gazów spalinowych przy zasilaniu silnika paliwem LPG. Pomiarów dokonano za zaworem wydechowym a przed katalizatorem.

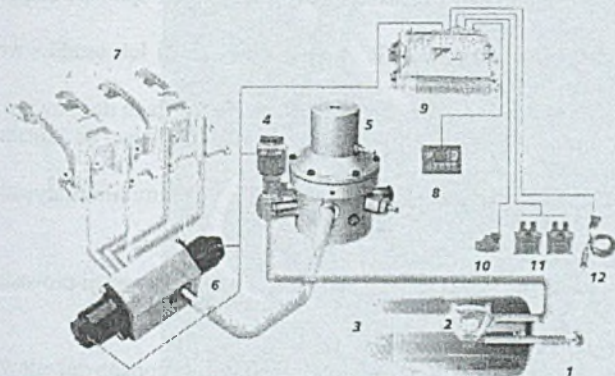
INFLUENCE OF THE AFR ON THE EXHAUST GAS TEMPERATURE BEHIND EXHAUST VALVE AND BEFORE CATALYSER

Summary. The paper presented influence of the Air/Fuel ratio on the exhaust gas temperature when the engine is reinforced by LPG. The temperature was measured behind the exhaust valve and before catalyser.

WPROWADZENIE

Coraz większa liczba pojazdów poruszających się po światowych drogach to pojazdy zasilane paliwami alternatywnymi. Najczęściej spotykanym paliwem alternatywnym dla

benzyny, to obecnie LPG (Liquid Petroleum Gas), czyli płynna mieszanina propanu-butanu. Ze względu na łatwe przechowywanie LPG jest najbardziej rozpowszechnionym paliwem alternatywnym. Podstawową jego zaletą jest łatwa dostępność, wadą zaś jest fakt, że powstaje ono w trakcie destylacji ropy naftowej, więc jego zastosowanie jako paliwo silnikowe jest ściśle związane ze światowymi zasobami ropy naftowej. Zasilanie silnika paliwem gazowym może odbywać się przy użyciu jednej z trzech typów instalacji:



Rys.1. Schemat instalacji nadciśnieniowego podawania gazu Etagas firmy Tartarini

Fig.1. Scheme of the overpressure gas fuel feeding system Etagas by Tartarini

- Instalacja klasyczna, wykorzystująca zasadę działania prostego gaźnika
- Instalacja nadciśnieniowego podawania paliwa gazowego
- Instalacja sekwencyjnego fazowego wtrysku paliwa gazowego.

Dwa ostatnie układy zasilania paliwami alternatywnymi pozwalają na precyzyjne dawkowanie gazu przy wykorzystaniu logiki działania zaczerpniętej z układów mechanicznego wtrysku benzyny. Na rysunku 1 przedstawiono przykładową instalację do adaptacji silnika zasilanego paliwem LPG.

Charakterystyka paliwa LPG [1]

Paliwo LPG jako paliwo silnikowe to mieszanina propanu i butanu. Jako gaz techniczny stosowany w proporcji 50 % C_3H_8 i 50 % C_4H_{10} lub 70 % butanu (C_4H_{10}) i 30 % propanu C_3H_8 , skład typowy dla LPG we Włoszech. Można także znaleźć paliwo tzw. propanowe ~ 90 % propanu i tylko 10 % butanu (spotykane w niektórych stanach USA).

Wzajemny stosunek ilości propanu i butanu jest zatem uzależniony od warunków klimatycznych, w których eksploatowany jest pojazd zasilany LPG.

LPG posiada wiele zalet w porównaniu do paliw benzynowych. Jedną z zalet LPG jest liczba oktanowa oscylująca w granicach 100. Teoretycznie pozwala to na zastosowanie wyższych stopni sprężania. W praktyce jednak ta podstawowa zaleta nie jest wykorzystywana. Związane jest to z zastosowaniem tej mieszaniny w silnikach do spalania wyłącznie paliwa benzynowego. Przystosowanie silnika do spalania wyłącznie propanu-butanu uniemożliwiłoby zasilanie silnika benzyną. Zmiany konstrukcyjne silnika obejmowałyby układ dolotowy, układ korbowy silnika oraz układ chłodzenia silnika. W rzeczywistości silniki zasilane alternatywnie LPG to kompromis pomiędzy przystosowaniem silnika do spalania benzyny a wykorzystaniem właściwości paliwa gazowego. Paliwo gazowe posiada niezaprzeczalne zalety, ukazujące się nawet przy zasilaniu silnika benzynowego. Te zalety to:

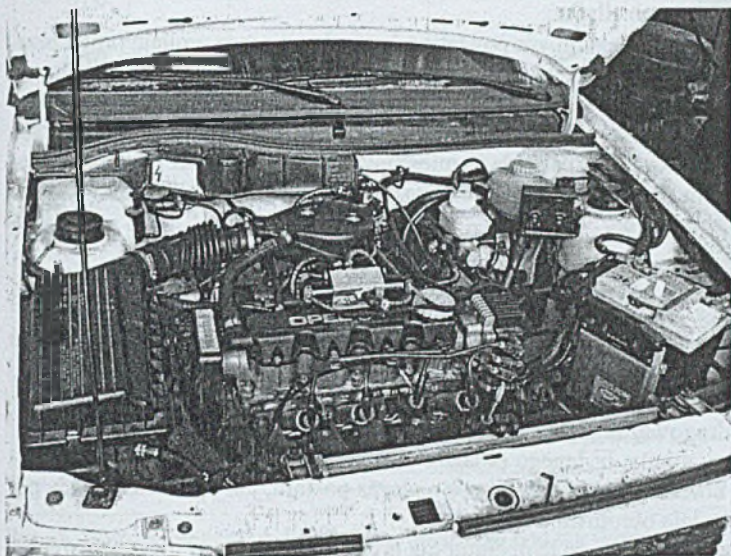
- Duża szybkość mieszania się z powietrzem, zapewniając mieszkankę bardziej jednorodną, wraz z równomiernym rozdziałem na poszczególne cylindry. Dzięki tym zaletom jest możliwe uzyskanie bardziej równomiernej i cichszej pracy silnika oraz spalenie cząstek stałych.
- Całkowite spalanie mieszanki palnej, co powoduje zmniejszenie emisji lub osadów węglowych, a także zapobiega korozji.
- Brak zjawiska kondensacji paliwa gazowego na chłodnych ściankach układu dolotowego.
- Powoduje zmniejszenie zanieczyszczenia oleju silnikowego, pozwalając na dłuższe utrzymanie właściwości smarnych.

Jednakże paliwo LPG posiada także wady, jeżeli rozpatrujemy silnik zasilany alternatywnie LPG. Do wad tych można zaliczyć:

- wyższą temperaturę zapłonu,
- wolniejsze spalanie, co jest przyczyną przewlekłości spalania, a w konsekwencji prowadzi do podwyższenia temperatury spalin,
- niższy stopień napełnienia cylindra, $\eta_v = 0,75$.

Niezależnie od wad i zalet paliwa LPG bardzo ważnym elementem jest sposób zabudowy instalacji gazowej oraz, co najważniejsze, jakość jej regulacji. Ten element przekłada się bezpośrednio na zachowanie się jednostki napędowej, zużycie paliwa oraz emisję związków toksycznych. Konfiguracja instalacji gazowej oraz jej regulacja ma zasadniczy wpływ na proces formowania mieszanki paliwowo-powietrznej. Prawidłowy skład mieszanki paliwowo-powietrznej zapewnia stabilizację termiczną silnika, co będzie sprzyjało procesowi normalnego zużycia silnika.

STANOWISKO OBIEKT I BADAŃ



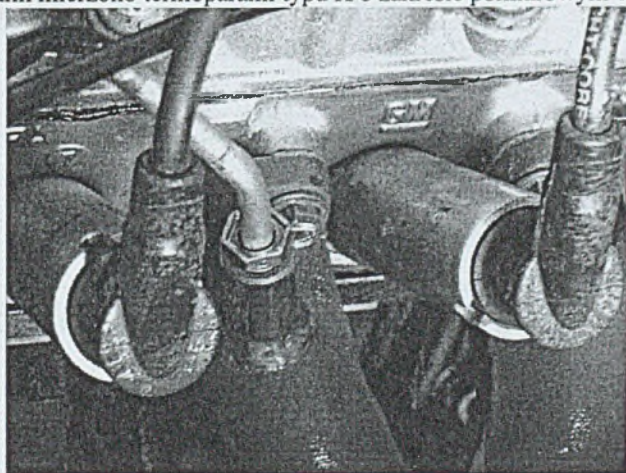
Rys. 2. Widok komory silnika z zabudowaną instalacją nadciśnieniowego podawania gazu ETAGAS

Fig. 2. View of the engine places with overpressure gas fuel feeding system Etagas

W Katedrze Budowy Pojazdów Samochodowych Politechniki Śląskiej przeprowadzono badania mające przedstawić wpływ składu mieszanki paliwa gazowego na temperaturę gazów wylotowych mierzonych tuż za zaworem wydechowym.

Obiektem badań był pojazd Opel Astra z silnikiem o pojemności 1.6 dm³. W silniku tego samochodu zaadaptowano instalację nadciśnieniowego podawania gazu ETAGAS firmy Tartarini (rys. 3).

Temperaturę spalin mierzono termoparami typu K o zakresie pomiarowym 100°C÷1000°C.



Rys. 3. Widok termopary zabudowanej na kolektorze wylotowym badanego silnika

Fig. 3. View of the thermocouple in the exhaust manifold, on the investigated engine

Termopary te umieszczono w kanałach wylotowych drugiego i czwartego cylindra silnika badanego pojazdu. Rysunek 4 przedstawia sposób zabudowy termopary na kolektorze wylotowym drugiego cylindra badanego silnika.

Żądana zmianę współczynnika nadmiaru powietrza λ uzyskano przez zmianę progu przełączania sygnału sondy lambda, zapisanego w pamięci sterownika gazowego. Dla składu stechiometrycznego paliwa gazowego wartość progu przełączania wynosi 0,55 V. Zmiana tego potencjału pociąga za sobą zmianę składu mieszanki λ , co jest przyczyną wzbogacenia lub zubożenia mieszanki. Rzeczywistą zmianę składu mieszanki obserwowano za pomocą pięciogazowego analizatora spalin firmy Pierburg. Analizator ten określa skład mieszanki na podstawie zawartości tlenu w spalinach.

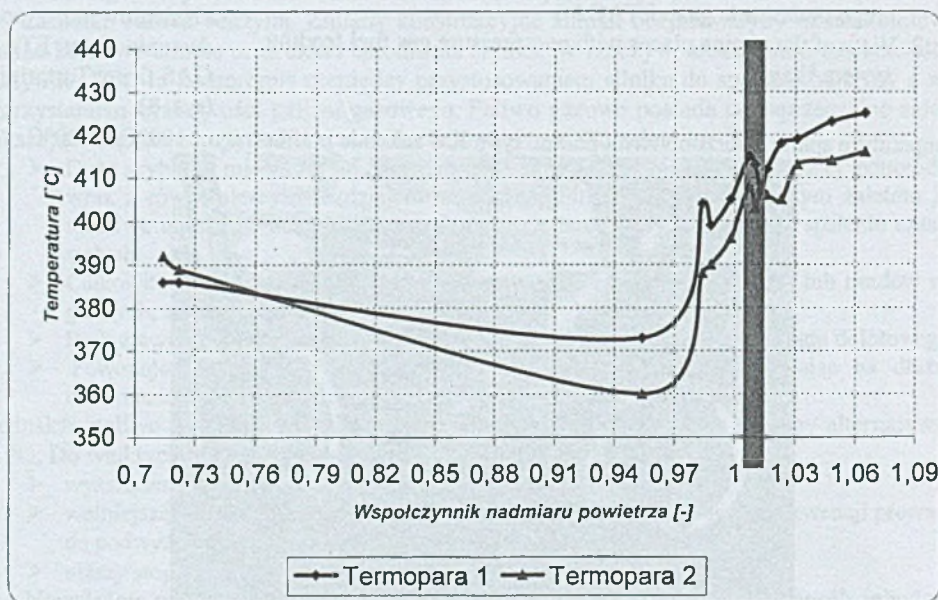
WYNIKI BADAŃ

Badanie przeprowadzono na hamowni podwozowej BOSCH FLA 203. Zakres badań obejmował następujące punkty pracy silnika:

- bieg jałowy,
- symulacja jazdy drogowej ze stałą prędkością obrotową 3000 min^{-1} .

Wybrane punkty pracy silnika badanego pojazdu charakteryzują najczęściej wykorzystywane zakresy prędkości obrotowej silnika zarówno podczas postoju, jak i w trakcie jazdy pozamiejskiej ze stałą prędkością obrotową.

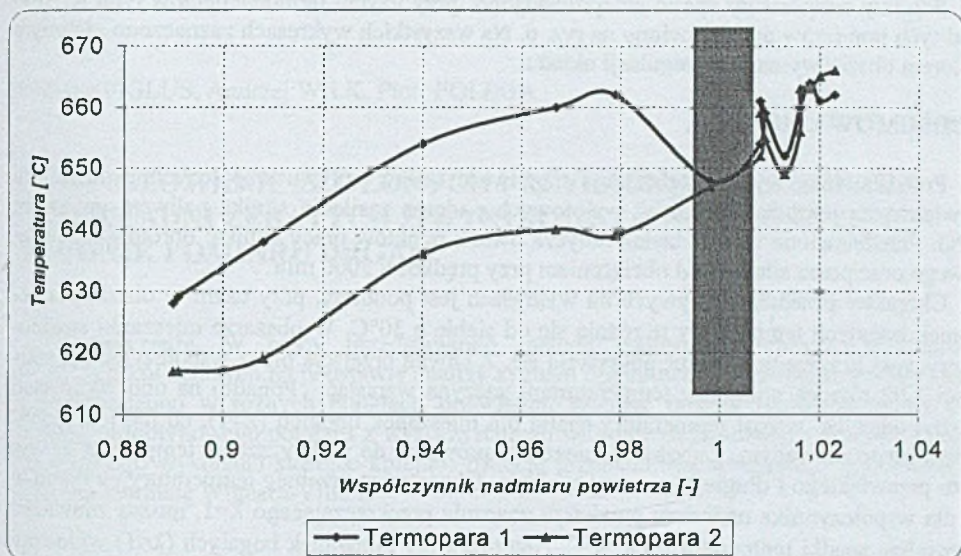
Na rysunku 4 przedstawiono wykres temperatur dla prędkości obrotowej biegu jałowego.



Rys. 4. Wykres temperatur dla obrotów biegu jałowego

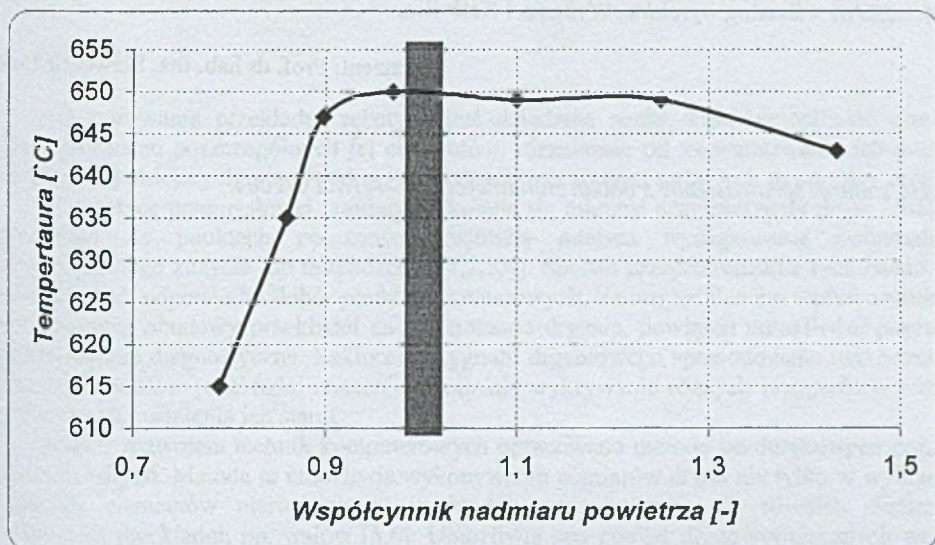
Fig.4. Chart of the temperatures for low rpm

Rysunek 5 przedstawia tę samą zależność, lecz dla silnika pod obciążeniem przy prędkości obrotowej 3000 min^{-1} .



Rys. 5. Wykres temperatur dla silnika pracującego pod obciążeniem przy prędkości 3000 min⁻¹
 Fig.5. Chart of the temperatures for 3000 rpm working engine

Uzyskane wyniki badań dla silnika samochodu Opel Astra uzupełniono wynikami badań przeprowadzonymi na silniku Perkins AD 2.152 G. Pierwotnie był to silnik o zapłonie samoczynnym. Silnik ten poddano modyfikacji pozwalającej na zasilanie silnika mieszaniną propanu-butanu.



Rys. 6. Wykres temperatury spalin dla silnika pod obciążeniem przy prędkości 1350 min⁻¹
 Fig. 6. Chart of the temperatures for 1350 rpm working engine

Pomiary temperatury spalin przeprowadzono przy użyciu termoelementów typu K. Wyniki tych pomiarów przedstawiono na rys. 6. Na wszystkich wykresach zaznaczono zielonym kolorem obszar wymaganej regulacji układu.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań dają możliwość oceny wpływu współczynnika nadmiaru powietrza na temperaturę gazów wylotowych podczas zasilania silnika paliwem gazowym LPG. Przedstawione wyniki badań dotyczą dwóch punktów pracy silnika: obrotów biegu jałowego oraz praca silnika pod obciążeniem przy prędkości 3000 min⁻¹.

Charakter przebiegu krzywych na wykresach jest podobny, przy czym w obszarze mieszanek bogatych temperatury te różnią się od siebie o 30°C. W obszarze mieszanki stechiometrycznej krzywe temperatur pokrywają się. Z chwilą przejścia przez współczynnik λ wartości 1,02 różnica pomiędzy temperaturami zaczyna wzrastać. Ponadto na obu wykresach można odczytać wzrost temperatury spalin dla mieszanek ubogich ($\lambda > 1$), co nie jest zjawiskiem nieoczekiwanym. Zubożenie mieszanki prowadzi do podwyższenia temperatur w wyniku przewlekłego i długiego procesu spalania. Obserwując przebieg temperatury na rysunku 6, dla współczynnika nadmiaru powietrza znacznie przekraczającego $\lambda = 1$, można zauważyć niewielkie spadki temperatur o ok. 4°C. Natomiast dla mieszanek bogatych ($\lambda < 1$) widoczny jest wyraźny spadek temperatur. Przyczyną tego zjawiska jest wzrost ilości paliwa w komorze spalania, co powoduje spadek średniej temperatury spalania.

Literatura

1. Flekiewicz M.: Samochodowe instalacje alternatywnego zasilania paliwami gazowymi. Materiały szkoleniowe Katedry Budowy Pojazdów, Katowice 2002.
2. Materiały reklamowe firmy Auto Gaz Śląsk Sp. z o.o.
3. Instrukcja obsługi hamowni podwoziowej typ FLA 203. Robert Bosch GmbH.
4. CZAŁ – Katalog wyrobów, Wydanie 4 Katowice.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Sławomir Luft

Artykuł stanowi sprawozdanie z badań statutowych BW-441/RT 2/2004.