

Grzegorz KUBICA

WPŁYW RODZAJU PALIWA NA CHARAKTERYSTYKĘ ZEWNĘTRZNĄ SILNIKA ZI

Streszczenie. Prezentowane wyniki badań przedstawiają wpływ rodzaju paliwa na charakterystykę zewnętrzną silnika ZI. Przebadano ogółem pięć paliw, dwa rodzaje benzyny bezołowiowej: 95 i 98 oraz trzy rodzaje paliwa gazowego: propan, butan i mieszaninę tych węglowodorów (LPG).

Obiektem badań był samochód osobowy VW Polo (1994r.) z silnikiem o poj. 1.3 dm³. Zasilanie benzyną realizowane jest przez układ jednopunktowego wtrysku paliwa Mono-Motronic firmy Bosch. Zasilanie gazowe odbywa się w układzie mieszalnikowym bez elektronicznej regulacji. Badania przeprowadzono na hamowni podwoziowej FLA 203 firmy Bosch.

W pracy przedstawiono zarejestrowane przebiegi mocy i momentu obrotowego dla wszystkich badanych paliw. Ponadto w opracowaniu wyników obliczono rozrzut maksymalnych wartości mocy i momentu obrotowego oraz szczegółową analizę elementarnych odchyłek ich przebiegów w odniesieniu do paliwa bazowego (benzyna bezołowiowa 95).

AN INFLUENCE OF FUEL KIND ON EXTERNAL CHARACTERISTIC IN SI ENGINE

Summary. The results of research presented in this paper are showing an influence of fuel kind on external characteristic in SI engine. There were tested five fuels at all; unleaded gasoline 95 and 98 and gases: propane, butane and LPG.

The tests object was SI engine, 1296 ccm, in passenger car VW Polo (1994). Gasoline feeding was realised by SPI Mono-Motronic Bosch system. Alternatively, in the cause of gas, the engine was fuelled by classical, mixture system.

All the tests were made on chassis dynamometer – FLA203 – made by Bosch. Power and torque profiles obtained during the tests for all of chosen fuels are presented in this paper. The elementary differences and differences of maximum values had been counted and presented, too. Those analysis were obtained by comparing registered characteristics with profile for the basic fuel (unleaded gasoline 95).

1. WPROWADZENIE

Zasilanie silników w pojazdach samochodowych mieszaniną propanu i butanu stało się na tyle powszechne na rynkach europejskich, że można stwierdzić, iż paliwo nazywane w skrócie LPG jest obecnie jednym z trzech podstawowych paliw obok benzyny i oleju napędowego.

Aspekty techniczne wykorzystania tego paliwa mają jednak dosyć specyficzny charakter, ponieważ, pomimo dużej popularności LPG i jego długiej obecności na rynku motoryzacyjnym, jest to nadal paliwo stosowane alternatywnie w stosunku do benzyny. Wynika z tego faktu szereg mankamentów.

Po pierwsze, jednostki napędowe projektowane i konstruowane pod kątem spalania paliwa gazowego praktycznie nie występują. Produkcja samochodów fabrycznie przystosowanych do zasilania wyłącznie paliwem gazowym (najczęściej CNG) jest jednostkowa, wobec czego wyposażenie pojazdu w instalację zasilania paliwem gazowym odbywa się na rynku wtórnym. Powstaje problem dodatkowego zbiornika paliwa.

Po drugie, wykonywane prace adaptacyjne zawsze w jakimś stopniu ingerują w bazowy układ zasilania, a w czasie eksploatacji pojazdu oba układy muszą ze sobą współdziałać. Spełnienie wymagań w tym zakresie zależy od prawidłowej konfiguracji elementów instalacji, jak i praktycznego doświadczenia osób dokonujących montażu systemu zasilania.

Po trzecie, w wyniku adaptacji samochodu do zasilania gazem obserwuje się m.in. zmianę wartości parametrów użytecznych silnika, takich jak: moc, moment obrotowy. Jednym ze sposobów oszacowania wielkości tych zmian jest analiza charakterystyki zewnętrznej silnika.

2. STANOWISKO BADAWCZE, OBIEKT I ZAKRES BADAŃ

Badania przeprowadzono w Laboratorium paliw alternatywnych, na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej. Jako obiekt badań wybrano samochód osobowy VW POLO III, wyposażony w klasyczną (mieszalnikową) instalację gazową LPG. Podstawowe dane zestawiono w tab. 1 i 2 [1].

Tabela 1

Dane opisujące obiekt badań

Marka:		Volskswagen	
Typ:		Polo III	
Model:		1.3 CL/FOX	
Rok rozp. prod.:		1994	
Silnik		Nadwozie	
Liczba cylindrów:	4/R	Typ nadwozia:	Hatch-Back 5dw
Objętość skokowa:	1295 [cm ³]	Liczba osób:	5
Moc kW(KM)/obroty:	40/55/5200	Wymiary i masy	
Moment Nm / obroty:	100/2800	Długość całkow.:	3714 [mm]
Katalizator:	K	Szerokość całkow.:	1654 [mm]
Rodzaj zasilania:	Wtrysk SPI	Wysokość całkow.:	1419 [mm]
Liczba zaworów/cyl.:	2	Objętość bagaż.:	245 [dm ³]
Zbiornik paliwa:	45 [dm ³]	Masa własna:	905 [kg]

Tabela 2

Elementy składowe instalacji gazowej (wyciąg ze świadectwa homologacji)

Lp.	Elementy wyposażenia instalacji	Nr homologacji wg Regulaminu 67 EKG ONZ
1	Reduktor gazu	E 13 67R 010078
2	Zawór gazowy	E 4 67R 010041
3	Zbiornik gazowy	E 20 67R 010437

cd. tab. 2

4	Wielozawór	E 8 67R 001620
5	Obudowa wielozaworu	E 20 67R 010390
6	Zawór tankowania	E 8 67R 011546

Pojazd przygotowany do badań na hamowni podwoziowej FLA 203 firmy BOSCH z hamulcem elektrowirowym (fot. 1). W trakcie badań wykorzystano m.in. opcję oprogramowania hamowni umożliwiającą wyznaczenie wartości mocy i momentu obrotowego silnika w funkcji prędkości obrotowej. Tę procedurę badawczą powtarzano dla pięciu wybranych paliw:

1. Benzyna:

- bezołowiowa 95;
- bezołowiowa 98;

2. Gaz:

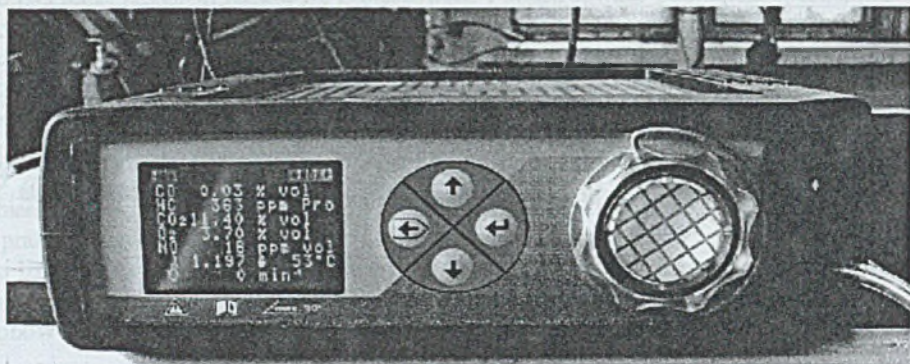
- LPG;
- propan techniczny;
- butan techniczny.



Fot. 1. Samochód przygotowany do badań na hamowni
Foto 1. A car prepared to tests on dynamometer chassis

Wykorzystanie wyszczególnionych paliw gazowych wymagało każdorazowo korekty nastaw regulacyjnych składu mieszanki ze względu na układ zasilania. Skład mieszanki regulowano wg wartości parametru λ (określanego dla LPG – opcja menu analizatora) w zakresie $\lambda = 1 \div 1,05$. W przypadku benzyny skład mieszanki regulowany był przez układ zasilania wg fabrycznych nastaw. Ponadto kontrolowano skład spalin w dwóch stanach pracy

silnika: na biegu jałowym i przy podwyższonej prędkości obrotowej (ok. 3000 obr/min). Zmierzone zawartości składników toksycznych dla wszystkich paliw nie przekraczały wymagań obowiązującej normy. W pomiarach wykorzystano analizator spalin firmy Pierburg Hermann Electronic HGA400 5GR (fot.2).



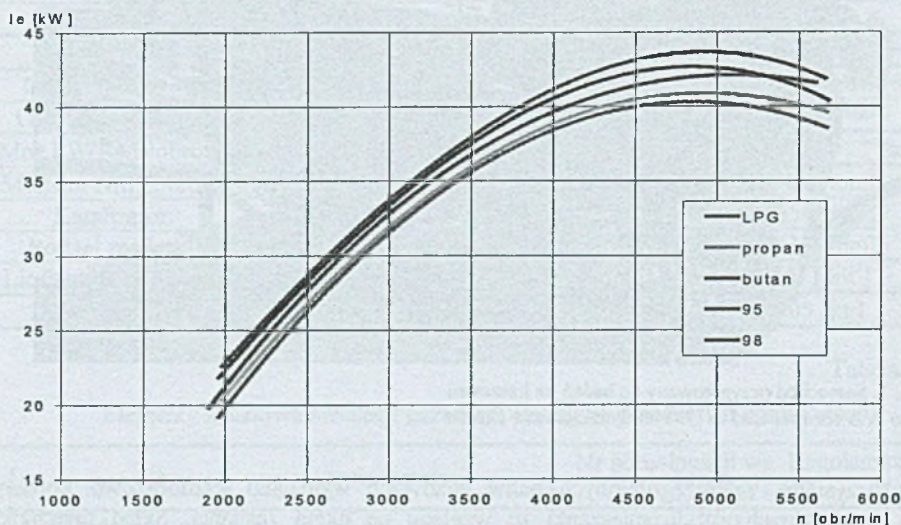
Fot.2. Analizator spalin HGA 400 5GR

Foto 2 . Gas Analyzer HGA 400 5GR

3. WYNIKI POMIARÓW

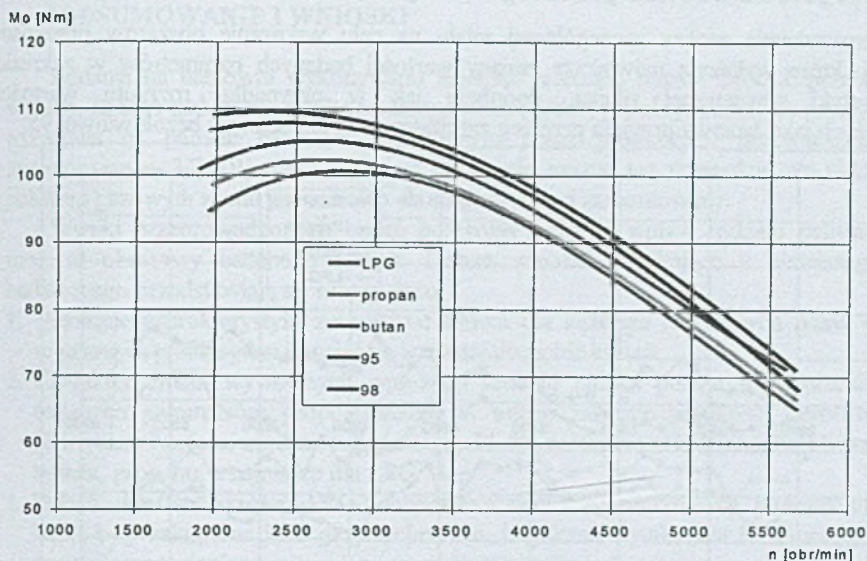
3.1. Charakterystyka zewnętrzna silnika

Procedura wyznaczania mocy silnika na hamowni podwoziowej oparta jest na pomiarze mocy na kołach przy rozpędzaniu w pełnym zakresie prędkości obrotowej silnika. Pomiar odbywa się na biegu bezpośrednim przy pełnym otwarciu przepustnicy. Równocześnie rejestrowane są również obroty silnika. Uzyskane wyniki, wartości mocy i momentu przedstawiono na osobnych wykresach (rys.1 i 2).



Rys. 1. Wpływ rodzaju paliwa na moc silnika

Fig. 1. An influence of fuel kind on engine power



Rys. 2. Wpływ rodzaju paliwa na moment obrotowy silnika

Fig. 2. An influence of fuel kind on engine torque

3.2. Rozrzut wartości maksymalnych

Analizie poddano wartości maksymalne zarejestrowanych przebiegów. Istotnymi szczegółami są również: obroty, przy których maksimum występuje, oraz zmiana procentowa wartości badanych parametrów w stosunku do wskazań dla benzyny bezołowiowej 95, które są uznawane za bazowe (tab. 3 i 4).

Tabela 3

Maksymalne wartości mocy w zależności od rodzaju paliwa

Paliwo	N_{emax} [kW]	ΔN_{emax}	n [obr/min]
95	42,7	-	4850
98	44	+3 %	4950
butan techniczny	42,3	-0,9%	5100
propan techniczny	41,2	-3,5 %	4880
LPG	40,2	-5,9 %	4850

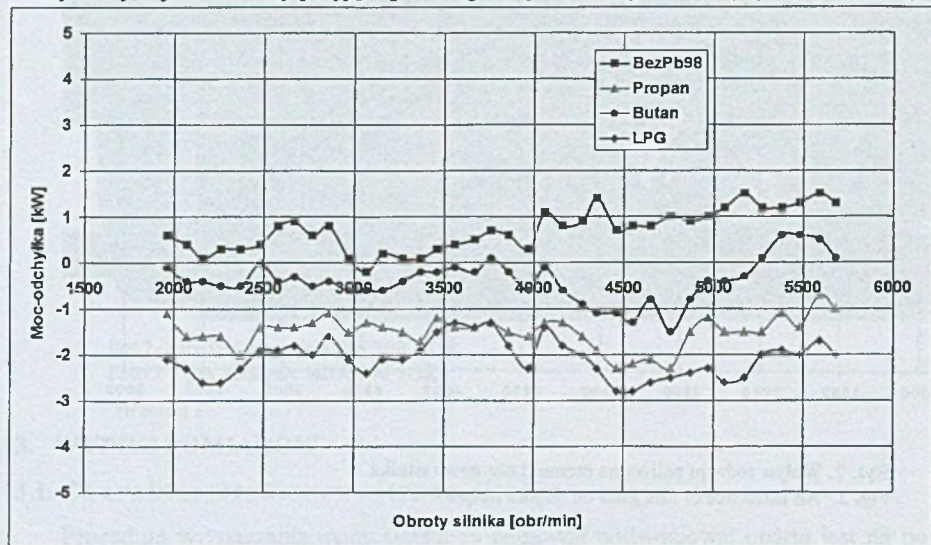
Tabela 4

Maksymalne wartości momentu obrotowego w zależności od rodzaju paliwa

Paliwo	M_{omax} [Nm]	ΔM_{omax}	n [obr/min]
95	108,7	-	2370
98	111,6	+2,7 %	2550
butan techniczny	106,1	-2,4 %	2510
propan techniczny	103	-5,3 %	2770
LPG	101,2	-6,9%	2660

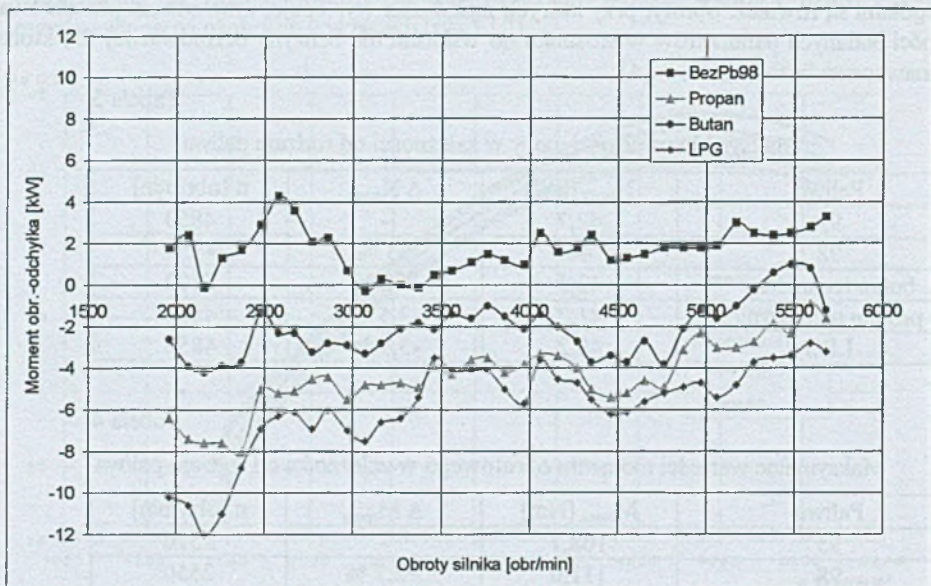
3.3. Szczegółowa analiza przebiegu mocy i momentu obrotowego

Przeprowadzenie analizy szczegółowej miało na celu wskazanie obszarów prędkości obrotowej, które wykazują największe zmiany wartości badanych parametrów w zakresie charakterystyki zewnętrznej silnika. Podobnie jak w przypadku rozrzutu wartości maksymalnych jako bazy przyjęto przebieg zarejestrowany dla benzyny bezołowiowej 95.



Rys. 3. Odchyłki przebiegu mocy dla badanych paliw w stosunku do benzyny Pb 95

Fig. 3. An elementary differences in power profiles between Pb 95 and the rest of tested fuels



Rys. 4. Odchyłki przebiegu momentu obrotowego dla badanych paliw w stosunku do benzyny Pb 95

Fig. 4. An elementary differences in torque profiles between Pb 95 and the rest of tested fuels

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Badania na hamowni wykonywano stosując zalecenia normy DIN. Z przebiegu badań wynika, że stan techniczny silnika badanego samochodu był dobry, ponieważ maksymalna moc rozwijana na paliwie bazowym, wskazanym przez producenta, przewyższała wartości znamionowe o 2,7 kW (tab.1). Na tej podstawie można też stwierdzić, że układ zasilania paliwem gazowym został prawidłowo skonfigurowany i zamontowany.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły określić wpływ rodzaju paliwa na moc i moment obrotowy badanego silnika. Dalsze wnioski wynikające z niniejszego procesu badawczego przedstawiają się następująco:

1. Uzyskane charakterystyki zewnętrzne silnika dla każdego z badanych paliw cechują się regularnym przebiegiem i posiadają zbliżony do siebie kształt.
2. Charakter zmian wywołanych wpływem rodzaju paliwa polega na obniżeniu wartości badanych parametrów proporcjonalnie w całym zakresie prędkości obrotowej silnika. Najwyższe wartości uzyskano dla benzyny Pł 98, następnie w kolejności dla benzyny Pł 95, butanu, propanu, a najniższe dla LPG.
3. Paliwo określane skrótem LPG pochodziło z sieci stacji tankowania, podczas gdy propan i butan były zakupione jako gazy techniczne. Uzyskane wyniki (dla LPG) mogą być zatem spowodowane zanieczyszczeniami zawartymi w paliwie.
4. Maksymalne wartości mocy i momentu obrotowego odniesiono do wyników uzyskanych dla paliwa bazowego (Pł 95). Największe spadki (moc o 5,9%, moment obr. o 6,9%) odnotowano przy zasilaniu silnika paliwem LPG. W przypadku benzyny-Pł 98, zarówno moc (o 3%), jak i moment obr. (o 2,7%) wzrastają w stosunku do wartości osiąganych przy zasilaniu paliwem bazowym.
5. Szczegółowa analiza charakterystyk wykazała, że w przypadku mocy największe odchyłki występują w górnym zakresie prędkości obrotowych, co odpowiada zakresowi mocy maksymalnych. Natomiast w przypadku momentu obrotowego największe różnice występują poniżej prędkości 3000 obr/min, tj. do osiągnięcia momentu maksymalnego.

LITERATURA

1. Etzold H. R.: Volkswagen Polo. Sam naprawiam samochód. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Sp. z o.o. Warszawa 2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bronisław Sendyka

Abstract

An influence of fuel kind on power and torque profiles was described during the leaded investigation. Registered characteristics for all of tested fuels had a regular course and shape similar one another. The differences are in the values, proportionally in whole range of velocity. The highest engine parameters values were measured for Pł 98. For the next, in order: Pł 95, butane, propane and LPG, both, power and torque were decreasing. The

maximum power for LPG was lower about 5,9% (torque 6,9%) comparing with basic fuel. And for Pb 98 maximum power value was higher about 3% (torque 2,7%) comparing with basic fuel.

Artykuł stanowi sprawozdanie z realizacji pracy BW-441/RT-2/2004.