

THE COURSES OF THE CHARACTERISTICS OF SPARK IGNITION ENGINES FOR FUELLING WITH PETROL AND LPG GAS IN THE DYNAMIC CONDITIONS OF MOTION

Kazimierz M. Romaniszyn

University of Bielsko-Biala
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biala, Poland
tel./fax: +48 33 8279356
e-mail: kromaniszyn@ath.bielsko.pl

Abstract

This paper analyses and evaluates the dynamic speed characteristics calculated from the timed values of the acceleration of 2 cars fuelled in by petrol and liquefied LPG gas. One of the two cars was factory fitted with a carburettor, the other one was factory fitted with a multipoint injection system. Both cars were then fitted with put-on type LPG gas fuelling systems. The impact of the fuel type on the curves of torque generated by the engine in dynamic conditions and their reference to speed characteristics for steady operational conditions.

The schema of a gas fuelled system for a car with carburettor petrol system and the schema of gas fuelled system for a car with an engine with multipoint petrol injection is presented in the paper. Test results involve variability of torques generated by the engine of the car with carburettor power supply petrol in the function of the rotational speed at accelerating the motion on IV and V gear, and the variability torques generated by the engine of the car supplied of MPI in the function of the rotational speed at accelerating the motion on IV and V gear.

Building of feed gas installation causes the essential decreasing of the engine power especially at higher rotational speeds for the car-supplied standard with the carburettor, whereat this decreasing applies both feed petrol as and gas. However building of the feed gas installation does not cause the essential change torque at feed petrol with the standard multipoint injection petrol MPI. But essential decreasing torque in dynamic conditions occurs at the gas feed.

Keywords: vehicle, combustion engines, alternative fuels, fueling systems, performances

PRZEBIEGI CHARAKTERYSTYK SZYBKOŚCIOWYCH SILNIKÓW ZI DLA ZASILANIA BENZYNĄ I GAZEM LPG W DYNAMICZNYCH WARUNKACH RUCHU SAMOCHODU

Streszczenie

W publikacji opisano wyniki badań rozpędzania dwóch typów samochodów zasilanych alternatywnie benzyną i gazem LPG. Badano samochody: zasilany standardowo gaźnikiem i zasilany wtryskiem benzyny w systemie MPI. Opisano metodykę uzyskiwania charakterystyk szybkościowych z pomiarów rozpędzania. Porównano i oceniono wpływ rodzaju paliwa na kształt tych charakterystyk.

W artykule przedstawiono schemat układu zasilania gazem samochodu z gaźnikowym zasilaniem benzyną oraz schemat układu zasilania gazem samochodu z silnikiem z wielopunktowym wtryskiem benzyny. Wyniki badań obejmują zmienność momentów obrotowych generowanych przez silnik samochodu z gaźnikowym zasilaniem benzyną w funkcji prędkości obrotowej przy rozpędzaniu na IV i V biegu oraz zmienność momentów obrotowych generowanych przez silnik samochodu zasilanego MPI w funkcji prędkości obrotowej przy rozpędzaniu na IV i V biegu.

Dla samochodu zasilanego standardowo gaźnikiem, zabudowanie instalacji zasilania gazem powoduje istotny spadek mocy szczególnie na wyższych prędkościach obrotowych, przy czym spadek ten dotyczy zarówno zasilania benzyną jak i gazem. Dla samochodu zasilanego standardowo wielopunktowym wtryskiem benzyny MPI zabudowanie układu zasilania gazem nie powoduje istotnej zmiany momentu obrotowego w przy zasilaniu benzyną, natomiast występuje istotny spadek momentu obrotowego w warunkach dynamicznych przy zasilaniu gazem.

Słowa kluczowe: pojazd samochodowy, silnik spalinowy, paliwa alternatywne, układy zasilania, charakterystyki

1. Wstęp

W praktyce spotyka się wiele opinii odnośnie wpływu zasilania skroplonym gazem LPG na ekonomikę i właściwości dynamiczne samochodów. Można się spotkać z opiniami od skrajnie optymistycznych do sceptycznych. Te ostatnie dotyczą głównie samochodów zasilanych standardowo gaźnikami. Nie kwestionują one korzyści ekonomicznych, lecz uwypuklają słabą dynamikę samochodu przy zasilaniu gazem LPG. Samochody tego typu spotykane na drogach często emitują intensywny zapach spalanego gazu charakterystyczny dla źle wyregulowanych kuchenek gazowych. Przeprowadzone pomiary emisyjności spalin samochodów dla tych samochodów często wykazują, iż nie spełniają one żadnych norm poziomu zanieczyszczeń [1].

Z uwagi na powyższe celowym było podjęcie prac badawczych pozwalających na ocenę emisyjności składników spalin i własności dynamicznych samochodów zasilanych alternatywnie benzyną i skroplonym gazem LPG. Wyniki badań emisyjności spalin opisano w [2 i 3]. Natomiast w niniejszej publikacji przedstawiono wyniki badań trakcyjnych, na podstawie których opracowano charakterystyki szybkościowe uzyskane w dynamicznych warunkach ruchu dla zasilania benzyną i gazem LPG. Jako obiekty badań przyjęto:

- Samochód zasilany standardowo gaźnikiem dwustopniowym wyposażony w nakładkowy system zasilania gazem LPG pierwszej generacji (otwarty system zasilania). Samochód ten oznaczono w skrócie jako A.
- Samochód zasilany standardowo wielopunktowym wtryskiem benzyny, wyposażony w nakładkowy system zasilania gazem LPG, pracujący w pętli sprzężenia zwrotnego przez sondę lambda. Samochód ten oznaczono w skrócie przez B.

Obydwa samochody przystosowano do zasilania gazem w certyfikowanej firmie. Obydwa miały podobne przebiegi rzędu 30 000 km i należały do tej samej grupy handlowej. Schematy układów zasilania gazem dla tych samochodów przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

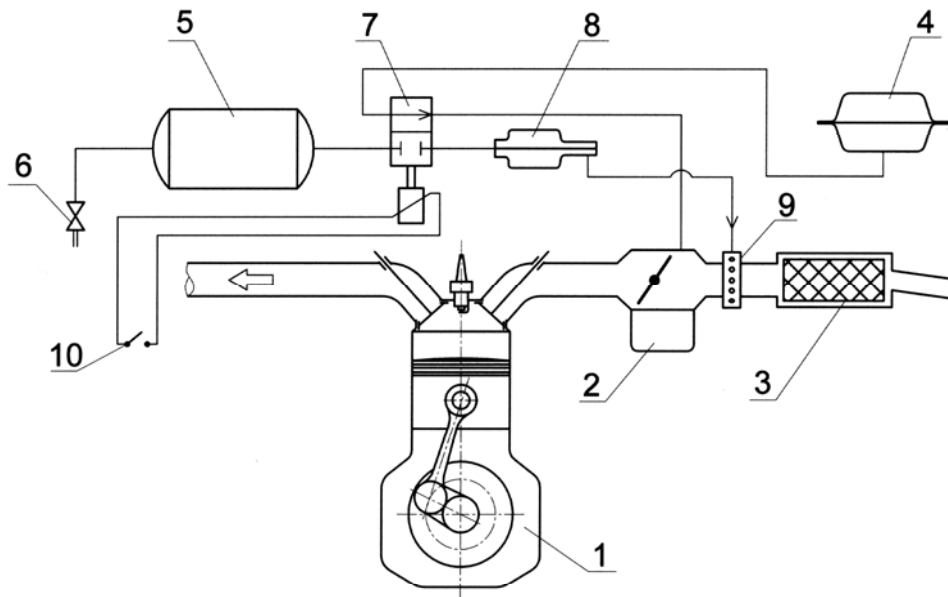
2. Metodyka uzyskiwania charakterystyk szybkościowych w warunkach dynamicznych

Metodykę oparto o założenie równowagi między siłami oporów ruchu przy rozpędzaniu samochodu i siłą napędową wygenerowaną przez silnik. W warunkach rozpędzania samochodu na płaskiej poziomej nawierzchni wystąpią następujące siły oporu [4]:

- siła oporu toczenia,
- siły oporu bezwładności masy samochodu w ruchu postępowym i rozpędzania mas wirujących,
- siła oporu powietrza.

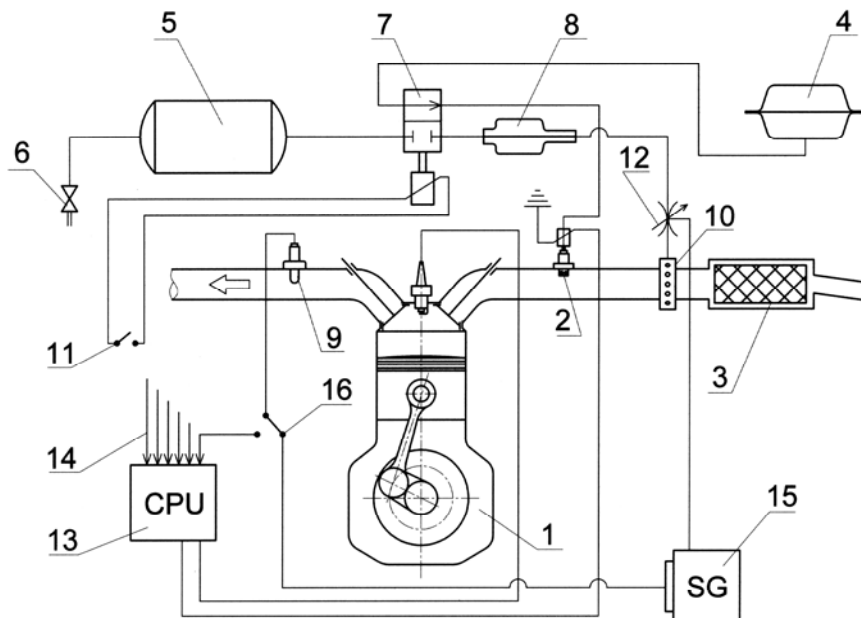
Równanie ruchu uwzględniające straty wynikające z rozpędzania mas wirujących związanych z wałem korbowym ma postać:

$$\frac{gT_s i_c \eta_m}{r_d} - \frac{I_s \ddot{\varphi}_s i_c \eta_m}{r_d} = F_\psi + F_p + m\ddot{x} + \frac{\sum I_k \ddot{\varphi}_k}{r_d} \quad (1)$$



1 - silnik, 2 - gaźnik, 3 - filtr powietrza, 4 - zbiornik paliwa (benzyny), 5 - zbiornik gazu, 6 - zawór napełniania gazem, 7 - elektrozawór dwudrożny, 8 - reduktor, 9 - mieszalnik, 10 - przełącznik zasilania (CNG - benzyna)

Rys. 1. Schemat układu zasilania gazem samochodu A z silnikiem gaźnikowym
Fig. 1. A diagram of the gas fuelling system of the A car with carburettor engine



1 - silnik, 2 - wtryskiwacz benzyny, 3 - filtr powietrza, 4 - zbiornik benzyny, 5 - zbiornik gazu, 6 - zawór napełniania gazem, 7 - elektrozawór dwudrożny, 8 - reduktor, 9 - sonda lambda, 10 - mieszalnik, 11 - przełącznik zasilania (CNG - benzyna), 12 - regulator dopływu gazu, 13 - centralka sterująca wtryskiem benzyny, 14 - sygnały z czujników silnika pojazdu, 15 - centralka sterująca zasilania gazem, 16 - przełącznik sondy lambda.

Rys. 2. Schemat układu zasilania gazem samochodu B z silnikiem z wielopunktowym wtryskiem benzyny
Fig.2. A Schema of the gas fuelling system of the B car with the engine with multipoint petrol injection

W równaniu tym oznaczono:

\mathcal{G} - współczynnik spadku mocy silnika w warunkach nieustalonych,

T_s - moment obrotowy rozwijany przez silnik w warunkach ustalonych,

i_c - przełożenie całkowite w układzie napędowym,

η_m - sprawność mechaniczna przeniesienia napędu,

r_d - promień dynamiczny koła jezdnego,

I_s - moment bezwładności ruchomych części silnika sprowadzony do osi wału u korbowego,

φ - kąt obrotu wału korbowego silnika,

F_ψ - siła oporu drogi, - dla ruchu po poziomej drodze równa sile oporu toczenia,

F_p - siła oporu powietrza,

m - masa pojazdu,

I_k - masowy moment bezwładności kół,

x - współrzędna pozioma położenia środka ciężkości samochodu.

Z równania (1) można wyznaczyć zmienność momentu obrotowego wytwarzanego przez silnik w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego;

$$T_s = \left(\frac{T_n}{i_c \cdot \eta_m} + I_s \cdot \ddot{\varphi}_s \right) \frac{1}{\mathcal{G}}, \text{ gdzie } T_n = F_n \cdot r_d, \text{ zaś } F_n = F_b + F_p + F_\psi. \quad (2)$$

Z równania (2) można wyznaczyć moment obrotowy T_n wytwarzany przez silnik podczas rozpędzania. Można przyjąć poniższe zależności opisujące siły oporu ruchu [4]:

$F_p = 0,646C_x FV^2$ - siła oporu powietrza w N dla gęstości powietrza przy ciśnieniu około 1000 hPa, (C_x - współczynnik oporu czołowego, F - pole powierzchni czołowej w m^2 , V - prędkość samochodu w m/s),

$F_\psi = mgf$ - siła oporu toczenia (f - współczynnik oporu toczenia, g - przyspieszenie ziemskie),

$F_b = m(1 + \delta_s + \delta_k)\ddot{x}$ - siła oporu bezwładności (x - współrzędna położenia środka ciężkości samochodu),

$\delta_s = \frac{I_s \cdot i_g^2 \cdot \eta_m \cdot i_b^2}{m \cdot r_d^2}$ - współczynnik mas zredukowanych silnika (i_g - przełożenie przekładni głównej, i_b - przełożenie skrzyni biegów),

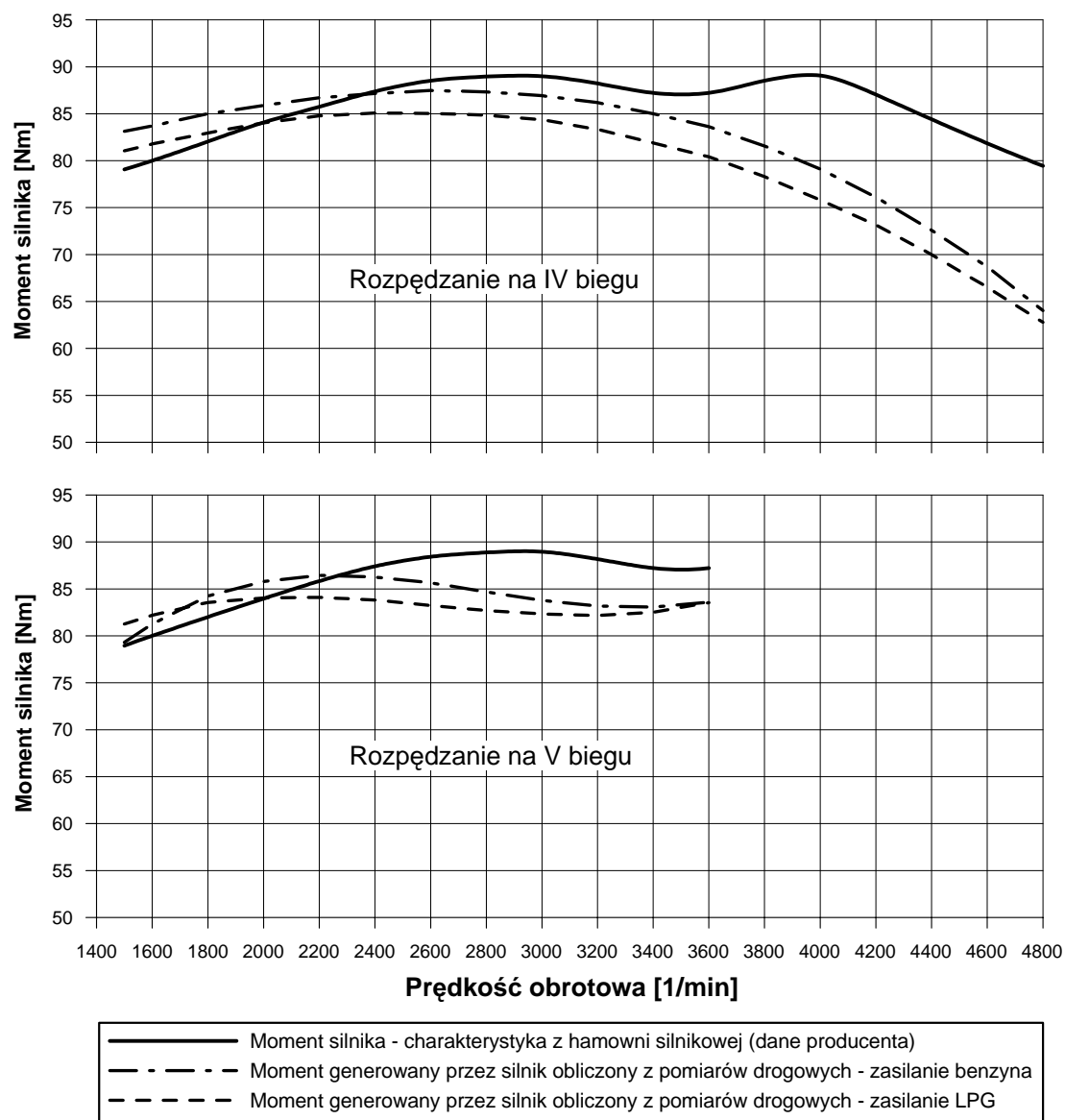
$\delta_k = \frac{kI_k}{mr_d^2}$ - współczynnik mas zredukowanych kół (k - liczba kół).

Przyspieszenia do obliczeń odczytywano z zarejestrowanych zmian prędkości samochodu w funkcji czasu. Obliczone momenty obrotowe T_n ; aproksymowano funkcją trzeciego stopnia metodą najmniejszych kwadratów.

3. Uzyskane wyniki

Badania trakcyjne samochodów prowadzono zgodnie z normą PN-92/S-77500 [5] dla rozpędzania na czwartym i piątym biegu. Z uwagi na ograniczoną długość odcinka pomiarowego, na piątym biegu rozpędzano samochody do prędkości obrotowych silnika 3600 obr/min dla samochodu A i 4200 obr/min dla samochodu B.

Na kolejnych rysunkach 3 i 4 przedstawiono uzyskane z obliczeń zmienności momentów obrotowych silników samochodów A – rys. 3 i B – rys. 4. Na rysunki te naniesiono również krzywe momentów obrotowych dla statycznych charakterystyk szybkościowych podane przez producentów samochodów.



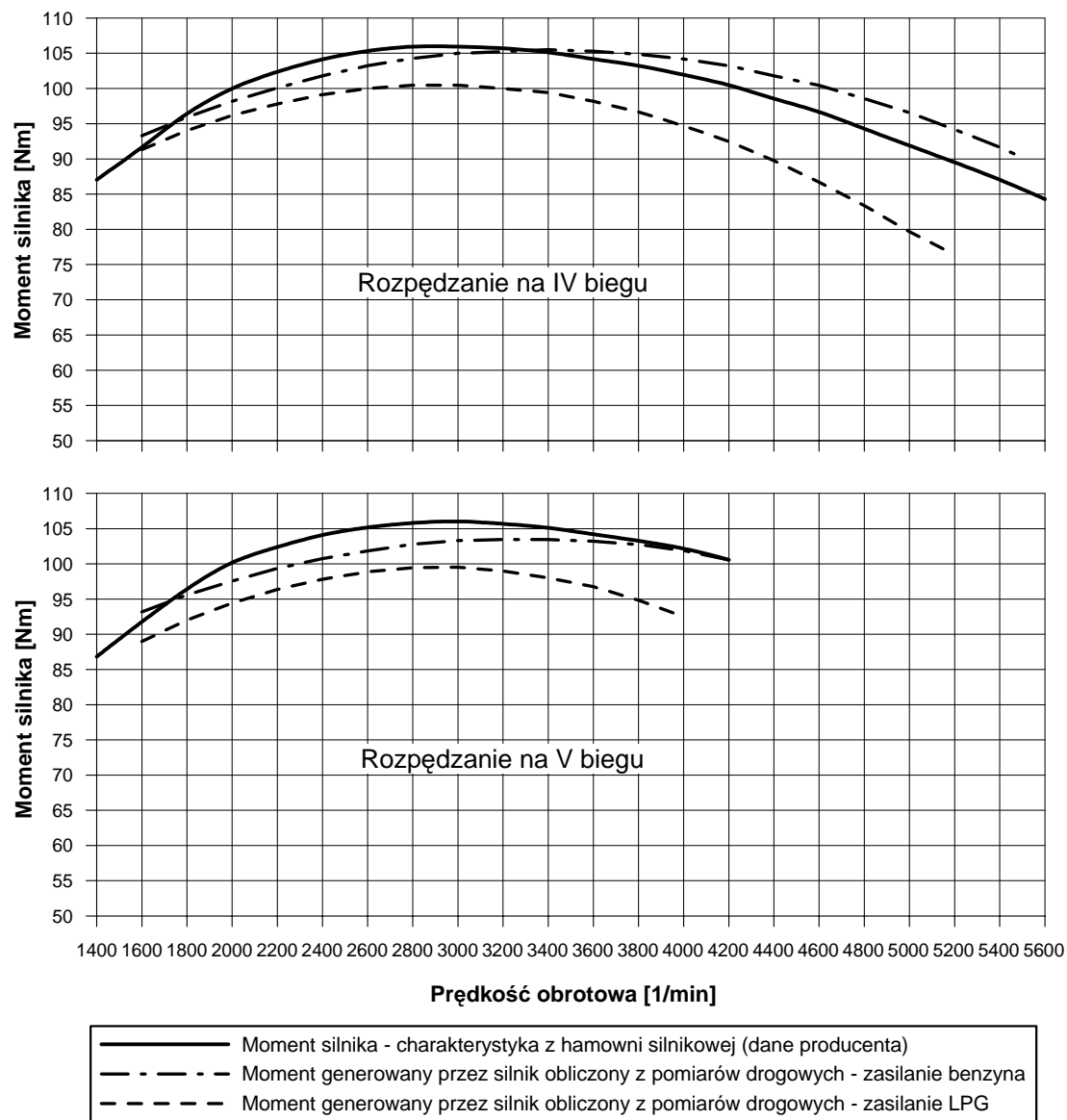
Rys. 3. Zmienność momentów obrotowych generowanych przez silnik samochodu zasilanego gaźnikiem (A) w funkcji prędkości obrotowej przy rozpędzaniu na IV i V biegu

Fig. 3. The variability of the torques generated by the engine of a carburetor-fuelled car (A) in the speed function for acceleration in the IV and V gear

4. Wnioski

1. Dla samochodu A zasilanego standardowo gaźnikiem, zabudowanie instalacji zasilania gazem LPG powoduje znaczący spadek mocy szczególnie na wyższych prędkościach obrotowych. Spadek ten dotyczy zarówno zasilania benzyną jak i gazem. Obliczone dla tego samochodu zmienności momentów obrotowych w warunkach dynamicznych ruchu samochodu są znacząco niższe od momentu obrotowego charakterystyki szybkościowej. Należy zwrócić uwagę, że dla charakterystyki szybkościowej (statycznej) wyraźnie zaznacza się zafalowanie momentu obrotowego w wyniku otwarcia przepustnicy drugiego

stopnia gaźnika. Takie zafalowanie nie występuje w charakterystykach obliczonych dla dynamicznych warunków ruchu zarówno dla zasilania benzyną jak i gazem LPG. Wy tłumaczenia tych zjawisk można się doszukiwać w istnieniu dodatkowej zwężki (mieszalnika) w układzie dolotowym, która może stanowić istotny dławik szczególnie dla wysokich prędkości obrotowych.



Rys. 4. Zmienność momentów obrotowych generowanych przez silnik samochodu zasilanego MPI (B) w funkcji prędkości obrotowej przy rozpędzaniu na IV i V biegu

Fig. 4. The variability of the torques generated by the engine of a MPI – fuelled car (B) in the speed function for acceleration in the IV and V gear

2. Dla samochodu B zasilanego standardowo wielopunktowym wtryskiem benzyny MPI, zabudowanie układu zasilania gazem LPG nie powoduje istotnej zmiany momentu obrotowego rozwijanego w warunkach dynamicznych przy zasilaniu benzyną. Dzieje się tak mimo wprowadzenia zwężki mieszalnika do układu dolotowego. Natomiast można zauważyć znaczący spadek momentu obrotowego rozwijanego w warunkach dynamicznych dla zasilania gazem LPG. Wy tłumaczeniem tego może być diametralnie

inny algorytm sterowania centrali sterującej układu LPG nie ukierunkowany na osiągi dynamiczne silnika.

Literatura

- [1] Romaniszyn, K. M., *Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego KBN 8T12D 03221* 2002.
- [2] Brzozowski, K., Romaniszyn, K. M., *Charakterystyka dynamiczna zużycia paliwa i emisji związków szkodliwych spalin*, Zeszyty Naukowe OBR SM BOSMAL. Zeszyt 1-2/2003 str. 5 – 14.
- [3] Nowak, A., Romaniszyn, K. M., *Charakterystyki emisji zanieczyszczeń z samochodowych silników spalinowych w warunkach dynamicznych*, Inżynieria Maszyn, Vol. 8 zeszyt 4, 2003.
- [4] Arczyński, S., *Mechanika ruchu samochodu*, WNT Warszawa 1994.
- [5] *Norma nr PN-92/S-77 500 (Regulamin nr 68 EKG ONZ) Intensywność rozpędzania.*

