

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Mobilne stanowisko badawcze samochodowej instalacji LPG

KRZYSZTOF GARBALA^{1,2}

¹INSTYTUT INŻYNIERII LASEROWEJ, BIELSKO-BIAŁA,

²AC S.A. CENTRUM BADAŃ I ROZWOJU, BIAŁYSTOK

Słowa kluczowe: badania eksploatacyjne, instalacja LPG, zużycie paliwa

STRESZCZENIE:

W artykule przedstawiono mobilne stanowisko badawcze w postaci pojazdu samochodowego z zamontowaną instalacją zasilania paliwem LPG. W pojeździe zainstalowano aparaturę rejestrującą liczne parametry pracy układu zasilania jednostki napędowej paliwem benzynowym i LPG. Na tak zbudowanym stanowisku badawczym można będzie przeprowadzać badania w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. W pracy przedstawiono szczegółowy opis zamontowanej instalacji LPG, a także opisano aparaturę pomiarowo-rejestrującą badane wskaźniki i parametry pracy jednostki napędowej. Omówiono możliwości badawcze wykonanego mobilnego stanowiska badawczego. Wykonano również badania rozruchowe w postaci pomiarów mocy na hamowni podwoziowej przy zasilaniu silnika paliwem benzynowym jak i LPG. Uzyskane wyniki świadczą o poprawności działania układów zasilania.

Mobile test stand of a car LPG installation

Keywords: operational tests, LPG installation, fuel consumption

ABSTRACT:

This article is focused on the cause and effects of an incorrectly mounted cylinder sleeve of a car's internal combustion engine. Damage to the individual parts of the engine are shown in detail. The directions of the forces acting on the specific damaged parts are discussed.

1. WSTĘP

Zużycie energii przez środki transportu sięga 25% energii produkowanej w skali globalnej [1]. W znacznym stopniu energia ta jest produkowana z paliw ropopochodnych. Przykładowo w Stanach Zjednoczonych udział ten sięga aż 97% [2]. Wywiera to znaczny wpływ na ekonomię, a w szczególności ekologię transportu. Wskutek spalenia 1 kg benzyny w silniku spalinowym uwalnia się do atmosfery około 3 kg dwutlenku węgla [2]. Szczególnie dużą grupę w transporcie stanowią pojazdy samochodowe. Powoduje to, że samochody wytwarzają aż połowę dwutlenku węgla emitowanego przez cały transport [3]. Prócz tego spaliny samochodowe zawierają szereg składników toksycznych. Jednym ze sposobów poprawy aspektów ekologicznych, a zwłaszcza ekonomicznych eksploatacji samochodu jest zastosowanie paliw gazowych typu LPG lub CNG. W Polsce najpopularniejszym takim paliwem jest gaz propan-butan, (liquid petroleum gas). Badania przedstawione w pracy [4] pozwoliły na stwierdzenie, że koszty eksploatacji samochodu osobowego zasilanego gazem LPG mieszczą się w przedziale 50÷56% wydatków na zakup benzyny bezołowiowej o liczbie oktanowej równej 95. Koszty te zależą od zużycia paliwa przez samochód, na które wpływają liczne czynniki [5, 6]. W artykule przedstawiono aparaturę pomiarową, która pozwalała na określenie zarówno tego, zużycia, jak i innych parametrów pracy instalacji gazowej samochodu.

2. INSTALACJA ZASILANIA PALIWEM LPG

Instalację zasilającą silnik paliwem LPG zamontowano w samochodzie Renault Thalia wyprodukowanym w 2003 roku. Samochód był wyposażony w ośmiozaworowy, wolnossący silnik o zapłonie iskrowym, o pojemności 1390 cm³ i mocy 55 kW. Ta jednostka napędowa może być zasilana zarówno benzyną 95-oktanową, jak i gazem LPG. Zasilanie drugim z wyżej wymienionych paliw, zapewnia instalacja LPG marki STAG. Składała się ona ze zbiornika toroidalnego o pojemności 42 dm³, wielozaworu Tomasetto Achille, reduktora STAG R02 i listwy wtryskowej ACW01. Reduktor STAG R02 (Rys. 1) przeznaczony jest do instalacji zasilającej silniki o mocy nie przekraczającej 100 kW. Pozwala na obniżenie wejściowego ciśnienia gazu nieprzekraczającego 30 bar na ciśnienie wyjściowe z zakresu 0,9÷1,5 bar. Korpus tego urządzenia

wykonany jest w technologii odlewania ciśnieniowego z stopu aluminium, a pokrywa z tworzywa sztucznego w systemie ACtherm, zabezpieczającym gaz przed intensywnym wychładzaniem, co znacząco wpływa na bezwładność termiczną. Dzięki temu reduktor szybko się nagrzewa, co pozwala na przełączenie się zasilania silnika z zasilania benzyną na gaz LPG po stosunkowo krótkim czasie. Wyniki badań przedstawione w pracy [4] wskazują, że udział jazdy samochodu na gazie wynosi aż 96%.



Rysunek 1 Reduktor STAG R02

Ważny element instalacji zasilającej jednostkę napędową samochodu gazem LPG stanowi listwa wtryskowa. Jak już wspomniano, w badanym samochodzie zastosowano listwę ACW01 (Rys. 2). Pozwala ona na pracę w szerokim zakresie temperatury od -20°C aż do 120°C. Ciśnienie robocze gazu mieści się zazwyczaj w przedziale 0,95÷1,2 bar, choć listwa może działać nawet przy ciśnieniu gazu wynoszącym 4,5 bar. Krótkie czasy otwierania i zamykania wtryskiwacza (odpowiednio 2,1 ms i 1,5 ms) zapewniają precyzyjne dawkowanie paliwa do kanału dolotowego każdego cylindra oddzielnie. Korpus omawianej listwy wtryskowej jest również wykonany ze stopu aluminium, a końcówki przyłączeniowe z mosiądzu, co sprawia, że jej trwałość jest bardzo wysoka [7].



Rysunek 2 Listwa wtryskowa ACW01

Pracą instalacji LPG sterował komputer (sterownik) STAG Qbox Basic (Rys. 3). Jest on przeznaczony do samochodów napędzanych 4-cylindrowym silnikiem z pośrednim wtryskiem benzyny. Sterownik ten zawiera 32-bitowy mikroprocesor, o wysokiej wydajności, umożliwiający precyzyjne sterowanie dawką paliwa LPG, także gdy warunki pracy silnika ulegają zmianom. Pozwala on m.in. na dokonywanie zmiany sekwencji wtrysku, czy pomiary czasu wtrysku benzyny dzięki czemu uzyskuje się informację o prędkości obrotowej wału korbowego silnika, a także o potencjalnym zużyciu benzyny, jakie wykazywałby silnik w czasie pracy na paliwie LPG. Parametry pracy układu można odczytywać ze sterownika za pomocą bezprzewodowego interfejsu bluetooth. Jak zapewnia producent, urządzenie może być doposażane w nowe funkcje [7].



Rysunek 3 Sterownik STAG Qbox Basic

3. INSTALACJA POMIAROWA ZASILANIA SILNIKA PALIWEM BENZYNOWYM I LPG

W celach pomiarowych instalację gazową samochodu wyposażono w bezprzewodowy interfejs Bluetooth STAG Next (Rys. 4). Umożliwia on odczytywanie i regulację parametrów pracy instalacji za pomocą komputera PC lub smartfona czy tabletu. Do instalacji podłączono również rejestrator parametrów autogaz AC (Rys. 5). Pozwala on na rejestrację parametrów pracy sterownika gazu podczas eksploatacji pojazdu. Dane zapisywane są na wbudowanej karcie pamięci, z której można je odczytać przez złącze USB i zaimportować do programu AcGasSynchro. Urządzenie to jest swą istą „czarną skrzynką” dla instalacji gazowej. Na końcu listwy wtryskowej zamontowano urządzenie dokonujące pomiaru ciśnienia gazu, podciśnienia w kolektorze oraz temperatury gazu w torze gazowym. Zespół pomiarowy PS-04 STAG przeznaczony jest do instalacji wtrysku gazu LPG (propan-butan) i CNG (metan), we wszystkich samochodach bez względu na moc silnika, w tym



Rysunek 4 Bezprzewodowy interfejs STAG Next



Rysunek 5 Rejestrator parametrów autogaz AC

także turbodoładowanych. Zapewnia optymalną pracę układu bez względu na jakość gazu, styl jazdy oraz obciążenie pojazdu. Pozwala on na porównywanie spadku temperatury między fazą lotną gazu w reduktorze a wtryskiwaczami w różnych warunkach pracy silnika i w różnych obciążeniach.

Rejestrację parametrów ruchu samochodu oraz szacunkowego zużycia benzyny umożliwiał bezprzewodowy interfejs diagnostyczny ELM-327 Bluetooth (Rys. 6), podłączony do gniazda diagnostycznego OBDII samochodu. Bezprzewodowo transmitował on dane do smartfona Samsung Galaxy 4 Mini z zainstalowanym i uruchomionym oprogramowaniem Torque Pro. Podczas badań był on umieszczony w uniwersalnym uchwycie samochodowym i zasilany poprzez złącze USB, z impulsowej przetwornicy 12/5 V typu Meanwell SD-25A-5 zabudowanej na stałe w pojeździe do bocznej ścianki schowka od strony pasażera. Przetwornica ta zasilala również samochodowy wideorejestrator trasy typu Mio 508. Na Rysunku 7 przedstawiono smartfon użyty w badaniach z uruchomionym oprogramowaniem Torque Pro wykorzystanym do zapisywania danych badawczych. Za jego pomocą można rejestrować znaczne ilości danych udostępnionych przez komputer pokładowy samochodu, oraz przez czujniki zabudowane w smartfonie (przykładowo czujniki przyspieszenia). Układ pomiarowy pozwalał także na rejestrację współrzędnych geograficznych odczy-

tywanych z nawigacji satelitarnej GPS. Na ekranie smartfonu wyświetlane były na bieżąco wartości kilku wybranych parametrów (Rys. 7). Dane odczytywane przez urządzenie ELM-327 były radio transmitowane do smartfonu w standardzie Bluetooth. Dla zapewnienia dużej dokładności pomiarów dane zapisywano z częstotliwością 2 Hz.



Rysunek 6 Bezprzewodowy interfejs diagnostyczny ELM-327 Bluetooth

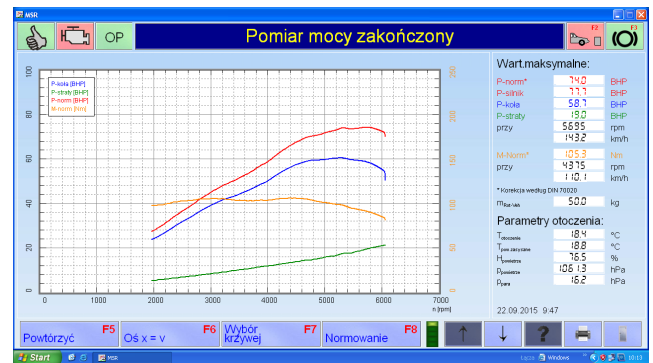


Rysunek 7 Smartfon Samsung Galaxy 4 Mini z uruchomionym oprogramowaniem Torque Pro

4. BADANIA ROZRUCHOWE MOBILNEGO STANOWISKA ZASILANIA LPG

Po montażu instalacji zasilania jednostki napędowej paliwem LPG oraz czujników i rejestratorów wykonano badania rozruchowe w postaci pomiarów mocy na hamowni podwoziowej przy zasilaniu silnika paliwem benzynowym i LPG. Według uzyskanych wyników silnik dysponował

mocą równą 57,1 kW na paliwie benzynowym przy prędkości obrotowej 5695 obr/min (Rys. 8). W przypadku zasilania silnika LPG odnotowano mało znaczący spadek mocy o około 0,7 kW. Wykonano również badania szczelności instalacji gazowej oraz działania systemów pomiarowych i rejestrujących dane. Pozytywne wyniki badań rozruchowych potwierdzają poprawne działanie zainstalowanych systemów, należy również nadmienić; że mobilne stanowisko badawcze będzie rozbudowywane o dodatkową aparaturę pomiarową.



Rysunek 8 Wyniki pomiarów mocy na hamowni podwoziowej

5. WNIOSKI

Zainstalowany w pojeździe zestaw aparatury pozwala na prowadzenie szerokich badań eksploatacyjnych związanych z użytkowaniem samochodu osobowego zasilanego benzyną oraz gazem LPG. Ważnym elementem jest fakt prowadzenia badań długodystansowych, przy przebiegu równym 50000 km, podzielonych na etapy o długości 10000 km. W każdym etapie będą zbierane i analizowane wyniki parametrów i wskaźników pracy jednostki napędowej na paliwie benzynowym i LPG. Zasadniczym kierunkiem badań będzie ekonomika zasilania paliwem gazowym. Dodatkowo będą prowadzone badania stanu technicznego silnika, jak np. pomiar ciśnienia sprężania.

LITERATURA

- [1] Jastrzębska G., Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne. Warszawa, WNT, 2007.
- [2] MacLean H. L., Lave L. B., Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. Progress in Energy and Combustion Science 29 (2003), 1-69.

- [3] Van den Brink R. M. M., Van Wee B., Why has car-fleet specific fuel consumption not shown any decrease since 1990? Quantitative analysis of Dutch passenger car-fleet specific fuel consumption. *Transportation Research Part D* 6 (2001), 75-93.
- [4] Witaszek K., Garbala K., Witaszek M., Cybulko T., Aspekty ekonomiczne zasilania samochodu osobowego gazem LPG. *Czas na gaz* 2016.
- [5] Kirby H. R., Hutton B., McQuaid R. W., Raeside R., Zhang X., Modelling the effects of transport policy levers on fuel efficiency and national fuel consumption. *Transportation Research Part D* 5 (2000), 265-282.
- [6] Witaszek K., Witaszek M., Wpływ wybranych warunków eksploatacyjnych pojazdu samochodowego na zużycie paliwa. *Logistyka* 4 (2015) CD 2, 6629-6636.
- [7] Katalog produktów STAG. Białystok, AC S.A., 2020.